



PROJETO DE GRADUAÇÃO

ANÁLISE DE EFICIÊNCIA RELATIVA DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NAS DEPENDÊNCIAS DO BANCO DO BRASIL: UMA APLICAÇÃO UTILIZANDO A ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS - DEA

Por,

Marcos Vilarindo Paeslandim Rodrigues

Brasília, 09 de Junho de 2016

UNIVERSIDADE DE BRASILIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

PROJETO DE GRADUAÇÃO

ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NAS DEPENDÊNCIAS DO BANCO DO BRASIL: UMA APLICAÇÃO UTILIZANDO A ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS - DEA

POR,

Marcos Vilarindo Paeslandim Rodrigues

Relatório submetido como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro de Produção

Banca Examinadora

Prof. João Carlos Felix Souza, UnB/ EPR (Orientador) _

Prof....., UnB/ EPR

Prof....., UnB/ EPR

Brasília, 09 de Junho de 2016

Dedicatória(s)

Primeiramente a Deus pelo dom da vida e pela força dispendida para que eu pudesse enfrentar todos os obstáculos. À minha mãe, Zilmar Vilarindo Paeslandim, mulher batalhadora e perseverante que sempre esteve ao meu lado, apoiando, dando forças para que eu conseguisse alcançar meus objetivos.

Agradecimentos

À minha mãe, Zilmar Vilarindo Paeslandim que, com muito apoio e dedicação, não mediu esforços para que eu pudesse concluir mais esta etapa de minha vida.

À toda minha família e amigos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste projeto.

Ao Professor João Carlos Felix Souza que, pelas orientações e apoio dispendidos, foi fundamental para conclusão deste trabalho.

À todos os professores e funcionários do departamento de Engenharia de Produção, que proporcionaram meu crescimento profissional e acadêmico.

Obrigado à todos os que passaram pela minha vida. Vocês são parte da minha história.

Marcos Vilarindo Paeslandim Rodrigues

RESUMO

Este projeto tem como escopo medir o nível de eficiência relativa no consumo de energia elétrica nas dependências do Banco do Brasil presentes no Distrito Federal e entorno. O método utiliza-se da Análise Envoltória de Dados – DEA, que é uma técnica de programação matemática com a finalidade de calcular a eficiência relativa de unidades produtivas. A Análise Envoltória de Dados é não paramétrica e utiliza programação linear para construir uma fronteira de eficiência a partir de uma amostra de unidades de decisão (DMU), calculando índices individuais de ineficiência em relação a essa fronteira. No caso deste projeto, o problema apresentado baseia-se na idéia de saber qual o nível de eficiência relativa das dependências do Banco do Brasil em relação ao consumo e uso racional de energia elétrica, ou seja, pretende-se calcular individualmente a eficiência de cada uma dessas dependências levando em consideração, como preposto para comparação, as demais dependências. O problema recai no fator de não se ter informações precisas se uma determinada dependência está consumindo mais energia elétrica do que deveria consumir, e nem quais os fatores que estão provocando este alto consumo. Assim, ancorado na metodologia DEA, objetiva-se fazer um estudo que possa servir de parâmetro para tomada de decisão com informações para controle e melhoramento no consumo desse insumo nas dependências bancárias analisadas.

Palavras chave: Eficiência. Produtividade. Eficiência Energética. Análise Envoltória de Dados. DEA.

ABSTRACT

This project is scoped to measure the level of relative efficiency in electricity consumption in the Bank's premises in Brazil present in the Federal District and surroundings. The method uses data envelopment analysis - DEA, which is a mathematical programming technique in order to calculate the relative efficiency of production units. The data envelopment analysis corresponds to a non-parametric technique that uses linear programming to build an efficient frontier from a sample decision units (DMU), calculating individual rates of inefficiency in relation to this border. In the case of this project, the problem presented is based on the idea of knowing what level of relative efficiency of the Bank of Brazil dependencies in relation to consumption and rational use of electricity, that is, intended to individually calculate the efficiency of each one of these dependencies taking into account, as Supervisor of comparison to the other dependencies. The problem lies in the factor of not having accurate information is a certain dependence is consuming more electricity than it should consume, and not what factors are causing this high consumption. Thus anchored in the DEA, the purpose is to make a study that can serve as a parameter for decision making with information for control and improvement in the consumption of this input in bank branches analyzed.

Keywords: Efficiency. Productivity. Energy Efficiency. Data envelopment analysis. DEA.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1. Setor Elétrico Brasileiro	20
2.1.1. História do Setor Elétrico no Brasil.....	20
2.1.2. Consumo de Energia Elétrica no Brasil.....	22
2.1.3. Custo e Tarifação de Energia Elétrica no Brasil.....	26
2.2. Eficiência Energética.....	29
2.3. Custo de Energia Elétrica no Banco do Brasil	33
3. DATA ENVELOPMENT ANALYSIS – DEA	36
3.1. Produtividade x Eficiência	37
3.2. O Modelo DEA	39
3.3. Etapas para Aplicação da DEA	45
3.4. Comparação entre DEA x Análise de Regressão	46
3.5. Benchmarking	47
4. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA	48
4.1. Etapa 1 – Definição das DMUs que farão parte da análise	49
4.2. Etapa 2 – Determinação dos Inputs e Outputs relevantes para mensuração da eficiência das DMUs:	49
4.3. 3ª Etapa: Escolha do Modelo.....	53
5. RESULTADOS E ANÁLISE.....	56
5.1. 1º Estágio do Trabalho	56
5.1.1. Informações da Amostra das DMUs	56
5.1.2. Escores de Eficiência.....	57
5.1.3. Pesos atribuídos pelo modelo às variáveis	64
5.1.4. Benchmarking e Metas para Melhoria	64
5.1.5. Verificação de Consistência do Modelo.....	67
5.2. 2º Estágio do Trabalho	69
6. CONCLUSÃO.....	74
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Gráfico de Consumo de Energia Elétrica entre 2004 – 2014 (MWh)	9
Figura 2. Gráfico de Distribuição do consumo por classes em 2014 e projeção para 2024	11
Figura 3. Classificação da pesquisa científica em engenharia de produção	17
Figura 4. Fluxo de Pesquisa	18
Figura 5. Gráfico da Matriz Elétrica Brasileira	21
Figura 6. Gráfico do Nível dos reservatórios da Região Sudeste (1991 – 2002)	22
Figura 7. Variação do PIB e variação do consumo de energia (1998 - 2007). ..	23
Figura 8. Consumo Brasileiro de Eletricidade e Taxas de Crescimento 2004-2014	24
Figura 9. Consumo de energia elétrica categorizada por setor	24
Figura 10. Estrutura do consumo de energia elétrica por classe de consumo no Brasil	25
Figura 11. Consumo no Centro-Oeste de Energia Elétrica e Taxas de Crescimento 2004-2014	25
Figura 12. Distribuição do consumo de energia elétrica por uso final no setor de consumo comercial	26
Figura 13. Modelo da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para edificações.	30
Figura 14. Uso final de energia (%) – Alta tensão	31
Figura 15. Uso final de energia (%) – Baixa tensão	31
Figura 16. Consumo de energia elétrica (Iluminação/ar condicionado) em diferentes tipos de edifícios comerciais e de serviços.....	32
Figura 17. Representação de uma DMU.....	37
Figura 18. Gráfico Curva de Possibilidades de Produção	38
Figura 19. Representação das Fronteiras de Eficiência BCC e CCR	39
Figura 20. Orientações para input e output nos modelos BCC e CCR	41
Figura 21. Análise de Regressão x DEA	47

Figura 22.	Definição das Unidades a serem Avaliadas.....	49
Figura 23.	Representação do Modelo Produtivo	51
Figura 24.	Template do Software EMS (Efficiency Measurement System)	54
Figura 25.	Resultado Eficiência Média DEA-CCR x DEA-BCC	59
Figura 26.	Classificação das Agência Conforme seu Nível de Eficiência Relativa Média	60
Figura 27.	Frequencia de Distribuição de Eficiências das DMUs (DEA-CCR) .	62
Figura 28.	Frequencia de Distribuição de Eficiências das DMUs (DEA-BCC)..	62
Figura 29.	Fronteira de Eficiência (Outputs/Inputs Virtuais).....	63
Figura 30.	Benchmarking das DMUs.....	65
Figura 31.	Despesa Projetada x Desperdício	67
Figura 32.	Fronteira de Eficiência x Reta de Regressão.....	70
Figura 33.	Eficiência Medida na Relação entre Consumo de Energia x Despesa	72

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. ESTATÍSTICAS DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NA REDE (GWh)	10
Tabela 2. Tabela 02: Brasil – Consumo total de eletricidade por classe (GWh). 11	11
Tabela 3. Grupo Tarifário – Alta Tensão (Superior a 2,3 kV).....	27
Tabela 4. Grupo Tarifário – Baixa Tensão (Inferior a 2,3 kV)	27
Tabela 5. Grupo Tarifário – Alta Tensão (Superior a 2,3 kV).....	34
Tabela 6. ESTUDO DE CORRELAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE DESEMPENHO.....	52
Tabela 7. MENSURAÇÃO DE EFICIÊNCIA MÉDIA PARA CADA VARIÁVEL DE SAÍDA.....	53
Tabela 8. Estatística de Regressão (Eficiência variável “Consumo”).....	56
Tabela 9. Estatística de Regressão (Eficiência variável “Despesa”)	57
Tabela 10. Ranking de Eficiência DEA-CCR	57
Tabela 11. Ranking de Eficiência DEA-BCC	58
Tabela 12. Estatísticas do modelo DEA-CCR	61
Tabela 13. Estatísticas do modelo DEA-BCC.....	61
Tabela 14. Frequência de Benchmarking Anual das DMUs de Referências	64
Tabela 15. Metas para melhoria nas dependências.....	66
Tabela 16. Comparação entre DMUs mais eficientes e menos eficientes (DEA-CCR)	67
Tabela 17. Comparação entre DMUs mais eficientes e menos eficientes (DEA-BCC)	68
Tabela 18. Comparação das Eficiências dos Inputs Parciais com a Eficiência Total	69

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O sistema elétrico Brasileiro, historicamente, vem apresentando um crescimento relativamente contínuo desde a revolução industrial. Com os avanços tecnológicos das últimas décadas, a demanda por energia elétrica tem crescido consideravelmente devido ao surgimento de uma sociedade moderna, e dependente cada vez mais de equipamentos eletroeletrônicos. Exemplos são os computadores, televisão, ar condicionado, sistema de iluminação, dentre outros equipamentos.

Gadelha e Cerqueira (2013) fizeram um estudo de causalidade para tentar explicar se o consumo de energia elétrica tem relação com o crescimento econômico. Puderam constatar, com esse estudo empírico, que há existência de relação de causalidade do consumo de eletricidade e o crescimento econômico, o que sugere que, no Brasil, o consumo de energia elétrica é fator limitante para o crescimento econômico. Em relação ao desenvolvimento de um país, a facilidade de acesso da população aos serviços básicos de infraestrutura, dentre eles a energia elétrica, é um dos fatores que determinam o desenvolvimento social e econômico, haja vista fornecer às ações humanas apoio mecânico, térmico e elétrico (ANEEL, 2008).

Isso vem constatar que a eletricidade é a forma mais inelástica de energia e constitui um dos insumos de infraestrutura vitais ao desenvolvimento socioeconômico de um país e, sua importância, é essencial nos mais diversos setores, como a indústria, edificações comerciais, públicas ou residenciais.

Em relação ao histórico do consumo de energia elétrica no Brasil, de acordo com o relatório produzido pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2013), a demanda por essa fonte de energia teve um salto de 329 mil GWh em 2004 para 473 mil GWh em 2014 (Fig. 1).

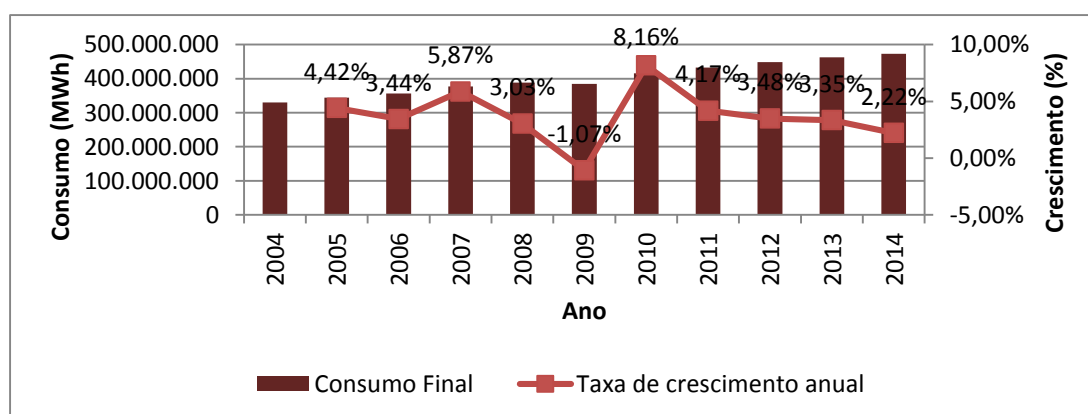


Figura 1. Gráfico de Consumo de Energia Elétrica entre 2004 – 2014 (MWh)

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2015)

De acordo com essa pesquisa, no Centro-Oeste o crescimento no ano de 2014 foi de 5,3%, saltando de 32 mil GWh de 2013 para 34 mil GWh em 2014, conforme dados apresentados a seguir (Tab. 1):

Tabela 1. ESTATÍSTICAS DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NA REDE (GWh)

REGIÃO/CLASSE	EM DEZEMBRO			ATÉ DEZEMBRO		
	2014	2013	%	2014	2013	%
BRASIL	39.673	39.555	0,3	473.395	463.122	2,2
RESIDENCIAL	11.136	10.705	4,0	132.049	124.896	5,7
INDUSTRIAL	14.483	15.321	-5,5	178.055	184.685	-3,6
COMERCIAL	7.859	7.572	3,8	89.819	83.704	7,3
OUTROS	6.194	5.957	4,0	73.472	69.838	5,2
CENTRO-OESTE	2.857	2.816	1,4	34.506	32.756	5,3
RESIDENCIAL	924	885	4,4	10.710	9.902	8,2
INDUSTRIAL	721	768	-6,1	9.275	9.213	0,7
COMERCIAL	623	605	3,0	7.252	6.805	6,6
OUTROS	589	559	5,5	7.269	6.836	6,3

Fonte: COPAM/EPE (2015)

Essas informações mostram que, no centro-oeste, os setores que apresentaram maiores aumentos foram o residencial, com um aumento de 8,2% e o comercial, com aumento de 6,6%. Isso se deve ao aumento populacional, que gera um aumento no consumo devido à maior demanda de uso de produtos eletroeletrônicos, bem como pelo rendimento das famílias, que provocam aumento no consumo do setor terciário e de serviços (AGÊNCIA BRASIL, 2015).

É fácil perceber que o crescimento das atividades do setor de serviços traz consigo o problema relacionado ao impacto no consumo de energia elétrica provocado pela expansão da produção. Na Fig. (01) observa-se que esse setor não representa o segmento com maior consumo da economia, mas o incremento de suas atividades colabora para o aumento da demanda por este recurso.

A projeção da demanda de energia elétrica entre os anos 2015 a 2024, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2015), que é vinculada ao Ministério de Minas e Energia, há um salto no consumo de energia elétrica de 487 mil GWh para 693 mil GWh, com crescimento de 3,9% nesse período. Em relação ao consumo por classes de setores do Brasil, o setor comercial saltará de 95 mil GWh para 149 mil GWh, o que tem uma representação de aumento de 5,2% (Tab. 2).

Tabela 2. Tabela 02: Brasil – Consumo total de eletricidade por classe (GWh)

Ano	Residencial	Industrial	Comercial	Outros	Total
2014	132.049	178.055	89.819	73.472	473.395
2015	138.872	176.971	95.302	76.311	487.456
2016	145.089	179.574	100.621	79.084	504.368
2017	151.391	184.370	106.238	82.134	524.134
2018	157.817	193.359	112.184	85.068	548.427
2019	164.487	200.950	117.954	88.137	571.529
2020	171.341	209.463	123.903	91.467	596.173
2021	178.381	216.202	130.022	94.918	619.523
2022	185.611	222.822	136.304	98.493	643.231
2023	193.029	230.409	142.738	102.194	668.370
2024	200.642	237.287	149.452	106.089	693.469
Variação (% ao ano)					
2014-2019	4,5	2,4	5,6	3,7	3,8
2019-2024	4,1	3,4	4,8	3,8	3,9
2014-2024	4,3	2,9	5,2	3,7	3,9

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2015)

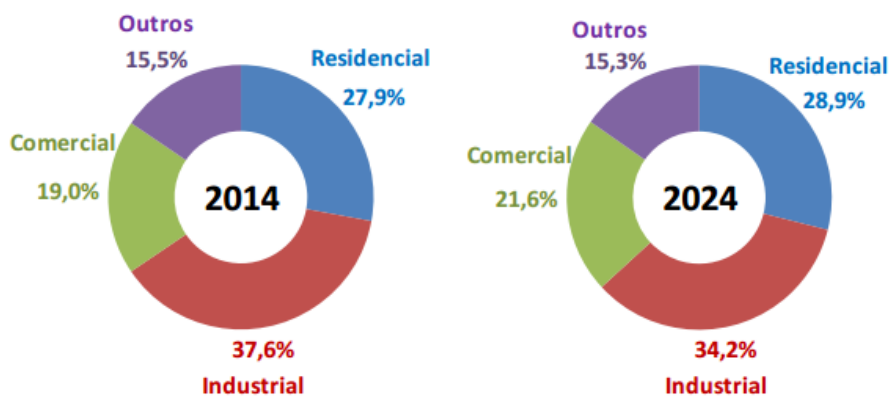


Figura 2. Gráfico de Distribuição do consumo por classes em 2014 e projeção para 2024

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2015)

Essas informações comprovam que o consumo de energia elétrica tem aumentado ao longo dos anos, e continuará crescendo, conforme a projeção apresentada, devido a fatores sociais e econômicos, tecnológicos ou mesmo pelo simples incremento populacional que altera o padrão de consumo. A evolução do consumo comercial de eletricidade, com expansão no consumo de 5,2% no período entre 2014-2024 (Fig. 2), pode ser resultado do efeito combinado do crescimento no número de consumidores. A classe comercial e a residencial apresentam leve aumento enquanto no setor industrial há um decréscimo no período analisado. Então, nessa dicotomia entre oferta e demanda por esse recurso, caso

a procura por essa fonte de energia supere a capacidade dos recursos em suprir as necessidades, poderá levar a uma escassez e, por conseguinte, a falta de recurso.

Tendo em vista acontecimentos ocorridos no passado, sua utilização de forma racional tem sido motivo de preocupação por muitos agentes da sociedade. Um fato histórico foi a crise do apagão ocorrida entre os anos de 2001 e 2002. Seu motivo, dentre alguns fatores, foi a falta de água, foi ocasionada também pelo aumento da população e, conseqüentemente, pelo aumento do consumo de energia elétrica.

Bardelin (2004) aborda em sua dissertação que a meta obrigatória imposta para redução do consumo de energia elétrica nesse acontecimento foi um fator que gerou certa conscientização acerca da importância do uso de energia elétrica. Outros pontos importantes advindos do racionamento foi o surgimento de métodos e forma eficientes de reduzir o consumo de energia, bem como os benefícios dessa diminuição.

O conjunto de medidas acerca das ações que levam ao melhor uso desse recurso subsidia a aplicação do conceito da eficiência energética. Ou seja, através de um conjunto de medidas, após um criterioso estudo e pesquisa, visa reduzir o consumo de energia elétrica sem prejudicar a produtividade.

De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (1997), Eficiência Energética pode ser entendida como “a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia”. Desta forma, um edifício pode ser considerado mais eficiente que outro em relação ao consumo de energia elétrica se, diante das mesmas condições ambientais, produz um menor consumo de energia. Além do mais que o uso racional da energia elétrica é importante por dois motivos: economia na conta de energia elétrica e diminuição do desperdício dos recursos naturais que temos à nossa disposição.

Para otimizar o consumo de energia elétrica várias medidas podem ser implantadas. Mas a falta de conhecimento a respeito de como é faturado o consumo de energia elétrica levam à falta de tomada de decisão quanto ao uso racional desse recurso. Então, compreender a estrutura tarifária e como são calculados os valores é um ponto fundamental para que se possam estabelecer programas para melhorar a eficiência e conservação de energia (ELEKTRO, 2012). Ou seja, essa análise e acompanhamento permite que o contrato celebrado com a concessionária possa ser revisado o que pode gerar redução nas despesas com eletricidade.

Um dos métodos utilizados para medir esse grau de eficiência é a metodologia da Análise Envoltória de Dados que, de acordo com Silva (2006), pode ser definida como:

“uma técnica não paramétrica que utiliza programação linear para construir uma fronteira de eficiência a partir de uma amostra de firmas ou unidades de decisão (DMU – Decision Making Units), calculando índices individuais de ineficiência em relação a essa fronteira”

Desta forma, essa técnica tem como objetivo calcular o nível de eficiência comparativa de unidades decisórias que apresentam homogeneidade nos seus processos de produção, através da relação entre insumos (inputs) empregados no processo produtivo e os resultados obtidos (outputs).

A comparação é um fator importante na aplicação do método da Análise Envoltória de Dados, haja vista que o levantamento da eficiência dos decisores envolvidos na pesquisa só é possível se os dados são confrontados com um mesmo padrão de comparação (ENCINAS, 2010). Desta forma, através dessa avaliação de eficiência relativa dos planos de operação executados pelas DMUs, chega-se a um plano de referência para o estabelecimento de metas eficientes para cada unidade produtiva, utilizando-se o benchmarking.

1.2. DELIMITAÇÃO

Para calcular o nível de eficiência comparativa do consumo de energia elétrica, o trabalho será realizado em um conjunto de agências do Banco do Brasil situados no Distrito Federal. Mais especificamente, 44 agências que apresentam homogeneidade nos seus processos de produção, através da relação entre insumos (inputs) e os resultados obtidos (outputs). Essa relação de inputs e outputs que serão utilizados estão representados a seguir:



1.3. JUSTIFICATIVA

A energia elétrica é a principal fonte de produção em grande parte das empresas. O seu uso racional, tanto pelos trabalhadores de todos os níveis da unidade consumidora ou por aqueles que fazem uso indiretamente desse recurso, deve ser administrado quanto à forma correta de uso, seja em relação a fatores como sistema de iluminação, equipamentos, climatização ou outras fontes que geram grande demanda por esse recurso.

O problema apresentado para estudo derivou da falta de controle ou informações no que tange ao consumo racional com energia elétrica nas dependências do Banco do Brasil. Ou seja, não se tem um padrão ou uma informação precisa se uma determinada dependência está gastando mais do que deveria com este item. E, caso estejam com consumo elevado, não se tem informações quais fatores que estão

ocasionando este alto consumo. Única forma de controle usada é através de ocorrências pontuais mensais, onde se procura observar se o gasto em determinado mês pode estar destoado em relação à média de consumo. Assim, não se tem um controle se o problema derivou de fatores físicos das instalações (excesso de lâmpadas, aparelhos desregulados ou queimados, etc), de fatores sociais, relacionados com o perfil do público que faz uso desses recursos (ex: práticas ineficientes quanto ao uso do sistema de iluminação, como luzes acesas e aparelhos de climatização ligados sem que alguém esteja no ambiente), ou se foi apenas um caso isolado. No geral, esses são os exemplos mais comuns e evitáveis de desperdício que podem ser buscadas através do levantamento de boas práticas realizadas nas dependências mais eficientes em comparação com aquelas que são menos eficientes.

Na literatura pouco se aborda sobre a aplicação da Análise Envoltória de Dados na mensuração de eficiência elétrica em instalações de empresas públicas. Algumas publicações direcionam esse tipo de estudo de forma mais abrangente, ou seja, para o mercado em geral de energia elétrica, concorrência entre as principais empresas distribuidoras ou relacionado com fatores ligados ao desenvolvimento social-econômico, mas sem focar em um grupo específico que demandam esse produto. Exemplo é o trabalho de Meza et al. (2007) que versa sobre seleção de variáveis em DEA aplicada a uma análise do mercado de energia elétrica. O intuito desse trabalho era medir a eficiência energética dos 27 estados brasileiros. Outro trabalho que também tem uma abordagem do DEA ligado ao ramo de eficiência energética é de Souza (2012) que faz uso da Análise Envoltória de Dados para comparar o desempenho energético entre países em desenvolvimento, considerando variáveis como crescimento econômico, sustentabilidade e desenvolvimento humano. Assim, pretende-se ampliar a literatura no que tange ao tema de eficiência do consumo de energia elétrica em instalações de uso público (prédios bancários), abarcando as principais variáveis que influenciam essa demanda e fatores que possam tornar mais eficiente seu uso.

O enfoque da aplicação do método DEA será pautado nas instalações, quantidade de funcionários e capacidade frigorífica dos aparelhos de ar condicionados instalados, que são os fatores que mais estão relacionados com o consumo de energia elétrica nessas dependências (PROCEL-ELETROBRÁS, 2007) e (INMETRO, 2015). Ou seja, mantendo essas variáveis estáveis, busca-se reduzir a variável relacionada ao consumo com energia elétrica.

O trabalho aplicado nas agências do Distrito Federal pode servir de piloto para o restante das agências do Banco do Brasil em outras regiões do país. Isto torna esta proposta de trabalho importante, pois, ao se criar um ranking de eficiência para unidades de decisão, pode fornecer subsídios suficientes para um plano de ação voltado ao controle e manutenção de políticas relacionadas com o consumo de energia elétrica das dependências estudadas, bem como de outros setores que possam aplicar o mesmo método. Além da mensuração das dependências que utilizam com mais racionalidade a energia elétrica, há a possibilidade de adaptar as dependências em relação ao perfil mais adequado de consumo, utilizando da classificação gerada pela análise envoltória de dados.

1.4. PROBLEMA DE PESQUISA

Observando todos esses elementos, busca-se investigar: qual o nível e como mensurar as dependências do Banco do Brasil em relação ao consumo e o uso racional de energia elétrica com base em critérios de eficiência relativa por meio da comparação entre essas dependências?

1.5. HIPÓTESE

De acordo com Tupy e Yamaguchi (1998), o conceito de eficiência é entendido como a comparação entre valores observados e valores ótimos de produtos e insumos. Assim, a ideia baseia-se que na produção de qualquer bem ou serviço se utilize o mínimo de recursos possíveis. Em relação à eficiência energética, de acordo com Lamberts (2004), consiste em obter o melhor desempenho na produção de um serviço com o menor gasto de energia. Medidas acerca do consumo consciente de energia também levam a um aumento de economia. Aplicando-se esta teoria às dependências do Banco do Brasil, fonte de estudo deste trabalho, pode-se relacionar a eficiência no consumo de energia elétrica como sendo o uso racional e consciente desse recurso ao passo que permaneçam estáveis o produto gerado pelo seu uso. Ou seja, tentar comprovar que a utilização consciente e racional dos insumos (energia elétrica), possa gerar os mesmos resultados, dentre eles, iluminação eficiente dos ambientes, demanda aceitável no consumo dos equipamentos da dependência e a disponibilização aceitável de energia para consumo por funcionários para que possam exercer suas atividades. Portanto, como hipótese básica, admite-se que:

- Há uma relação de causalidade entre consumo e dependência de recursos, o que sugere que os conceitos de uso racional e sustentável de energia elétrica está correlacionado com boas práticas de uso desse insumo; e
- A classificação das agências do Banco do Brasil em relação ao consumo de energia elétrica pode ser mensurado pelo método DEA onde, baseado no conceito de eficiência comparativa, irá criar um ranque das dependências de acordo com os gastos e consumo desse insumo, apontando aquelas que apresentam maior eficiência comparativa em relação às demais, e a margem de melhoria possível daquelas que foram consideradas ineficientes para que possam chegar à um bom nível no consumo de energia elétrica.

1.6. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral mensurar a eficiência relativa de um conjunto de dependências do Banco do Brasil localizadas no Distrito Federal e ranquear as mesmas de acordo com o nível de eficiência comparativa alcançada no consumo de energia elétrica.

1.5.2. Objetivos Específicos

Para se alcançar o objetivo geral, alguns objetivos específicos serão trabalhados, como especificados abaixo:

- 1) Revisão bibliográfica sobre o método de mensuração de eficiência relativa DEA;
- 2) Determinar as agências bancárias que farão parte do conjunto de DMUs analisadas pelo método DEA;
- 3) Levantar variáveis relevantes que podem influenciar o desempenho das DMUs quanto ao consumo físico (kWh) ou financeiro (fatura e R\$) de energia elétrica;
- 4) Levantar a existência de ineficiências nas dependências do Banco do Brasil quantitativamente, mostrando a parcela ligada a cada variável que demandam o uso dos sistemas elétricos;
- 5) Ranquear as dependências do Banco do Brasil de acordo com a sua eficiência;
- 6) Aplicar regressão linear nos coeficientes de eficiência relativa determinados pelos inputs “consumo de energia elétrica” e “despesa” para estudar a curva que mostra o comportamento mensal dos gastos com o consumo de energia elétrica nas dependências;
- 7) Estudar o gasto que melhor se adequa ao perfil de consumo das agências;
- 8) Propor itens sobre eficiência elétrica que possam compor o Benchmarking a ser realizado nas DMUs consideradas eficientes como soluções possíveis de melhoria para as DMUs classificadas como ineficientes.

1.7. LIMITAÇÕES

As limitações recaem sobre o tempo disponível para execução do trabalho e sobre o engajamento dos responsáveis da empresa que disponibilizarão as informações para análise dos dados. Quanto ao tempo, o trabalho foi bem delineado e dividido para que não houvesse imprevistos ou atraso nas entregas. Quanto à empresa, essa se mostrou bastante interessada nos resultados que podem ser

alcançados com o trabalho, então os responsáveis se mostraram bastante solícitos para ajudar no que fosse preciso para realização do projeto.

1.8. MÉTODO DE PESQUISA

De acordo com Kauark et al (2010), pesquisa pode ser entendida como o processo de se buscar algo, de ir ao encontro de uma solução para um problema. Ou seja, em se tratando de ciência, a pesquisa é o caminho para se chegar ao conhecimento.

Ao se estabelecer uma pesquisa científica, é importância conhecer os tipos de pesquisas existentes para que se possa fazer uma classificação adequada. Para isso, é necessário identificar sua natureza, seus objetivos e os métodos que serão empregados.

Em Engenharia de Produção, o trabalho de Turrioni e Mello (2012) aborda que a forma clássica de classificar a pesquisa científica pode ser sintetizada conforme a Fig. (3) a seguir:

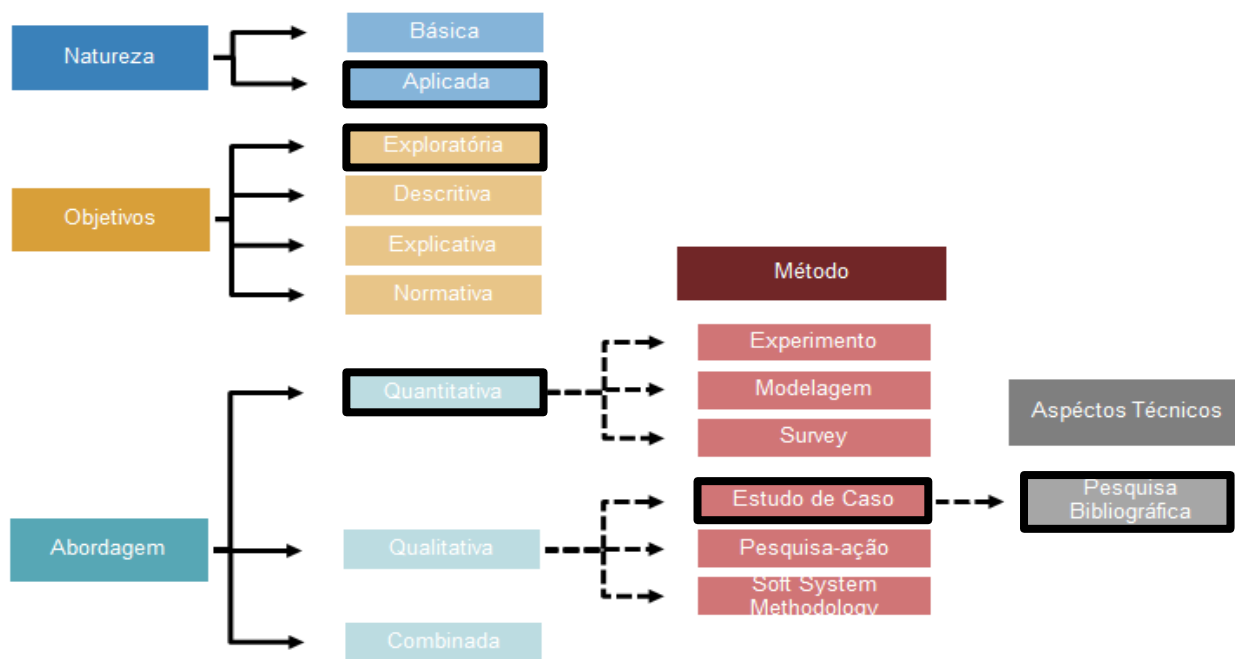


Figura 3. Classificação da pesquisa científica em engenharia de produção

Fonte: Adaptado de Turrioni e Mello (2012)

Desta forma, seguindo esses parâmetros, os métodos utilizados para a operacionalização da pesquisa deste trabalho podem ser descritos, quanto à sua natureza, como pesquisa aplicada devido o interesse prático, ou seja, que os resultados sejam aplicados ou utilizados na solução do problema.

No que trata aos objetivos, este trabalho é do tipo exploratório, pois, de acordo com Turrioni e Mello (2012), é o tipo que visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torna-lo explícito ou a construir hipóteses, envolvendo o levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas

que tiveram experiências com o problema pesquisado ou análise de exemplos que estimulem a sua compreensão.

Quanto à abordagem metodológica, este trabalho tem sua abrangência de forma quantitativa, pois quantifica em números opiniões e informações para serem classificadas e analisadas utilizando de técnicas ou recursos estatísticos. Para vergara (1998), a pesquisa quantitativa busca a validação das hipóteses mediante a utilização de dados estruturados, estatísticos, com análise de um grande número de casos representativos, recomendando um curso final da ação. Ou seja, ela quantifica os dados e generaliza os resultados da amostra para os interessados.

Quanto ao método, este trabalho pode ser caracterizado como um estudo de caso, pois abrange um estudo profundo e exaustivo dos fatos objetos de investigação, permitindo um amplo e pormenorizado conhecimento da realidade e dos fenômenos pesquisados (VERGARA, 1998).

No campo da Engenharia de Produção, este trabalho está inserido na área de programação matemática, estando vinculado à linha de pesquisa de Estatística e Pesquisa Operacional. No que se refere aos aspectos técnicos, este trabalho baseia-se em uma revisão de literatura sobre análise de eficiência que compara uma eficiência revelada (otimizada) com unidades analisadas criando um indicador de eficiência entre elas na relação dos insumos/produtos dessas unidades. Para Kauark et al (2010) uma pesquisa bibliográfica é elaborada a partir de material já publicado, seja em livros, artigos ou mesmo material disponibilizado na internet. Este trabalho também abrange o método da pesquisa documental, haja vista ser elaborada a partir de materiais que não receberam tratamento analítico.

Desta forma, com base nesses parâmetros de pesquisa, principalmente com base na revisão de literatura e em coleta de dados, busca-se-á atingir os objetivos propostos e recomendar sugestões para trabalhos futuros seguindo o fluxo de pesquisa conforme Fig. (4) a seguir:

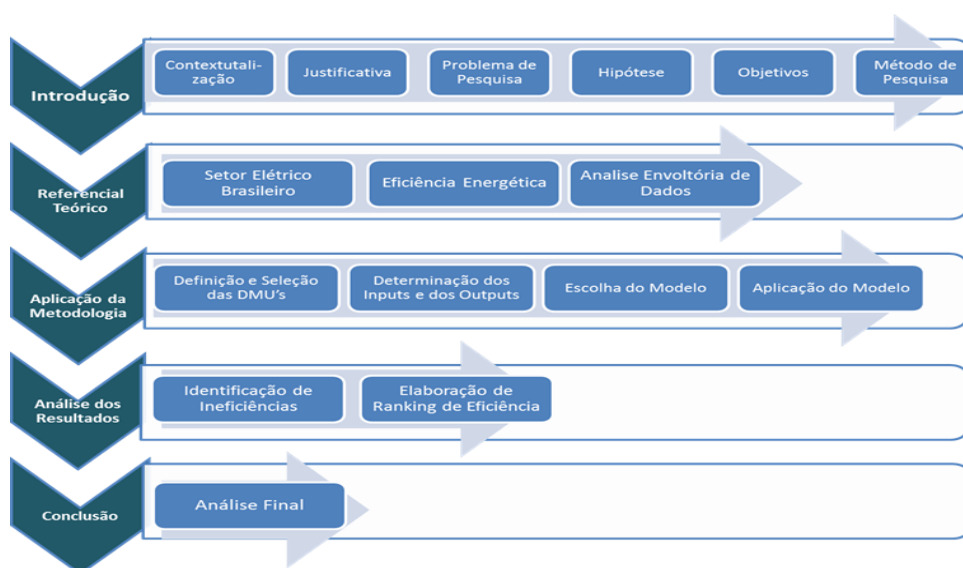


Figura 4. Fluxo de Pesquisa
 Fonte: Elaborado pelo autor

1.9. ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está esquematizado em 05 capítulos, apresentados da seguinte forma:

- O primeiro capítulo faz referência à Introdução onde o tema, Análise Envoltória de Dados – DEA, é abordado de forma mais ampla bem como os processos as etapas e passos para sua realização. Justificativas e objetivos são apresentados face à literatura existente. É apresentando, também, o método de trabalho através da caracterização do tipo de pesquisa a ser utilizado. Em relação aos objetivos propostos, neste capítulo são detalhadas as etapas, técnicas e ferramentas a serem empregadas. O capítulo é finalizado com a estruturação do trabalho;
- No capítulo 2 serão abordados o estudo bibliográfico sobre os aspectos conceituais relacionados acerca da metodologia da Análise Envoltória de Dados – DEA. Serão tratados conceitos sobre eficiência e produtividade, eficiência energética, tarifação do consumo energético bem como dos métodos e ferramentas para desenvolvimento e aplicação da metodologia DEA;
- O capítulo 3 faz um aprofundamento sobre a técnica de análise envoltória de dados, seu conceito, características e etapas para aplicação da metodologia;
- O capítulo 4 refere-se ao desenvolvimento do trabalho, onde serão abordados os fundamentos da aplicação da metodologia da pesquisa. Tem por objetivo garantir a validade do estudo de caso proposto para desenvolvimento;
- O capítulo 5 discutirá os resultados alcançados bem como a aplicação de ordem prática do plano de ação desenvolvido;
- Por fim, no capítulo 6, tem-se a apresentação da conclusão final e proposição para trabalho futuros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Setor Elétrico Brasileiro

2.1.1. História do Setor Elétrico no Brasil

Atualmente muito se tem falado sobre o uso consciente de energia elétrica. É um tema presente na vida de muitas pessoas, mas poucos são os que realmente tomam iniciativa para a utilização de forma racional. Desta forma, o uso coerente desse recurso torna-se importante, entre outros motivos, por diminuir o gasto com o orçamento de energia elétrica e diminuição do desperdício de recursos naturais disponíveis.

O Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE) citou que em 2001 o setor energético brasileiro já vinha passando por profundas mudanças desde a década de 90. Foi nessa década que houve uma transição no mercado de eletricidade, deixando o setor de ser estatal, o que abriu a geração e comercialização da eletricidade para a concorrência. Desta forma, mudando o cenário e a dinâmica do mercado de eletricidade no Brasil, com uma melhora substancial dos serviços e uma diminuição dos custos de produção pelo efeito da economia de escala.

Esse mesmo instituto apontou que essa nova dinâmica na comercialização da eletricidade no Brasil não veio acompanhada de metodologias embasadas no uso eficiente de energia. Ou seja, a preocupação naquele momento era apenas tornar o setor de eletricidade forte no Brasil, com foco no aumento da produção e comercialização de energia.

Porém em 2001 veio a crise do apagão, que perdurou até o ano de 2002. Esse fato foi ocasionado pela falta de chuva, planejamento e investimentos no setor elétrico brasileiro que acabou provocando o esgotamento das represas que regulavam as vazões de água para geração de eletricidade (CBIEE, 2003). O problema da chuva não pode ser apontado como único causador dessa crise, mas foi um dos pilares dessa situação, haja vista que a matriz elétrica brasileira possui uma geração preponderante de energia no sistema hidráulico¹, como pode ser observado no Fig. (5).

¹ Energia hidrelétrica: “é gerada pelo aproveitamento do fluxo das águas em uma usina na qual as obras civis – que envolvem tanto a construção quanto o desvio do rio e a formação do reservatório – são tão ou mais importantes que os equipamentos Instalados”.

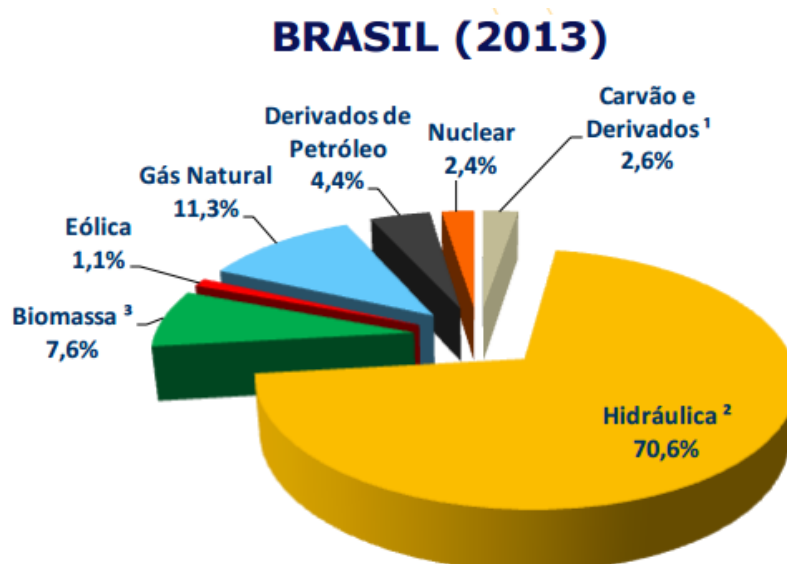


Figura 5. Gráfico da Matriz Elétrica Brasileira
Fonte: EPE (2013)

Assim, apesar da possibilidade de previsão dessa situação, conforme constatação da situação dos reservatórios detalhado na Fig. (6), nenhuma medida anterior a esse fato foi tomada para minimizar o risco no suprimento de energia. Os dados apontam um declínio no armazenamento de água nos reservatórios da região sudeste, responsável por 68% da capacidade de armazenamento de água no Brasil, e como a matriz energética no Brasil é estruturada basicamente sobre os recursos hídricos, houve o chamado “apagão” que foi o racionamento de energia elétrica pela falta da capacidade de produção do setor de eletricidade (GOLDENBERG; PRADO, 2003).

Em estudo realizado pela Câmara Brasileira de Investidores em Energia Elétrica (2003), esse órgão também cita que o grande problema do racionamento é ocasionado pelo desequilíbrio entre oferta e demanda, então, para que não haja novos racionamentos, a energia que pode ser gerada por uma usina hidrelétrica ou termelétrica tem que ser sempre superior à carga demandada, ou seja, tem que ser sustentável no tempo.

Desta forma, ainda de acordo com Goldenberg e Prado (2003), a solução para esse setor, para que não houvesse um “*blackout*” no fornecimento de energia elétrica devido a esse desequilíbrio entre oferta e demanda, foi a introdução da meta de economizar 20% da energia elétrica, medida essa imposta pelo Governo Federal aos usuários do sistema elétrico.

medidas já vemos nos dias atuais, com propagandas mostrando da importância do uso racional de energia elétrica e dos benefícios gerados com essa redução.

Segundo a ANEEL (2008):

“o consumo de energia é um dos principais indicadores do desenvolvimento econômico e do nível de qualidade de vida de qualquer sociedade. Ele reflete tanto o ritmo de atividade dos setores industrial, comercial e de serviços, quanto a capacidade da população para adquirir bens e serviços tecnologicamente mais avançados, como automóveis (que demandam combustíveis), eletrodomésticos e eletroeletrônicos (que exigem acesso à rede elétrica e pressionam o consumo de energia elétrica)”.

Então, a variação no consumo de energia elétrica é influenciada por diversas variáveis, entre elas o crescimento social e econômico do país. Isso pode ser comprovado no Fig. (7) onde a ANEEL (2008) cita que a variação no consumo de energia elétrica acompanha a variação do PIB do país.

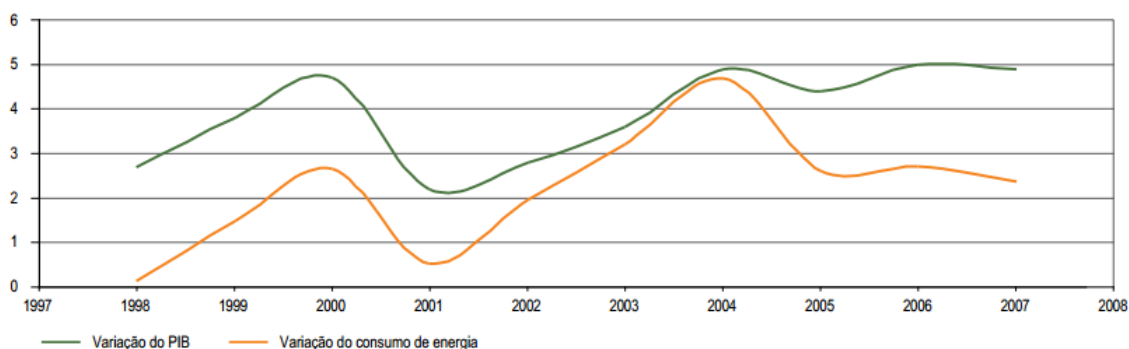


Figura 7. Variação do PIB e variação do consumo de energia (1998 - 2007).

Fonte: ANEEL (2008) apud Ipea, BP, 2008

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2014), que é uma empresa pública, instituída em 2004 e com a finalidade de prestar serviços na área de estudos e pesquisas de planejamento do setor energético no Brasil, o consumo de energia elétrica tem crescido consideravelmente desde 2004. Conforme Fig. (8) podemos observar que apenas em 2009 houve um decréscimo no consumo, provavelmente ocasionado pela crise econômica global ocorrida no ano anterior. Mesmo apresentando essa parada no crescimento em 2009, o avanço desse setor é comprovado no consumo observado no ano de 2010. Apesar de bem evidenciado esse crescimento em relação ao consumo, a taxa de crescimento anual a partir de 2010 apresentou um decréscimo na taxa de crescimento.

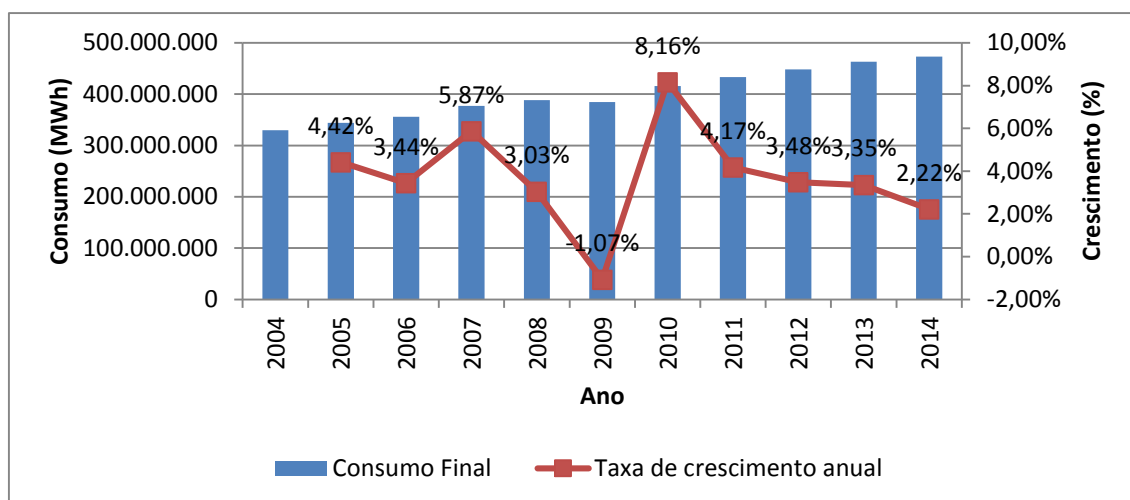


Figura 8. Consumo Brasileiro de Eletricidade e Taxas de Crescimento 2004-2014

Fonte: Elaboração própria com dados do Balanço Energético Nacional da EPE (2015)

Outra informação sobre o setor de energia, de acordo com o Balanço Energético Nacional² divulgado pela EPE (2015), é em relação ao consumo detalhado por classes (comercial, residencial, industrial e outros). Como podemos observar nas Fig. (9) e (10), o setor que vem apresentando maior consumo de energia elétrica é o Industrial, com o consumo de 178.055.043 MWh no ano de 2014, seguido do setor residencial e comercial, com consumo de 132.048.884 MWh e 89.819.295 MWh respectivamente. Os outros setores somados tiveram um total de 73.469.931 MWh.

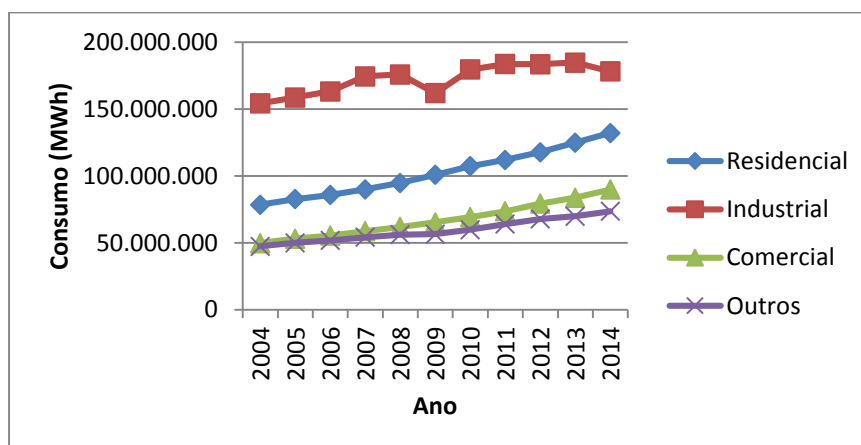


Figura 9. Consumo de energia elétrica categorizada por setor

Fonte: Elaboração própria com dados do Balanço Energético Nacional da EPE (2015)

² Balanço Energético Nacional: O Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional – BEN apresenta os dados acerca da contabilização da oferta, transformação e consumo final de produtos energéticos no Brasil, para determinado ano base.

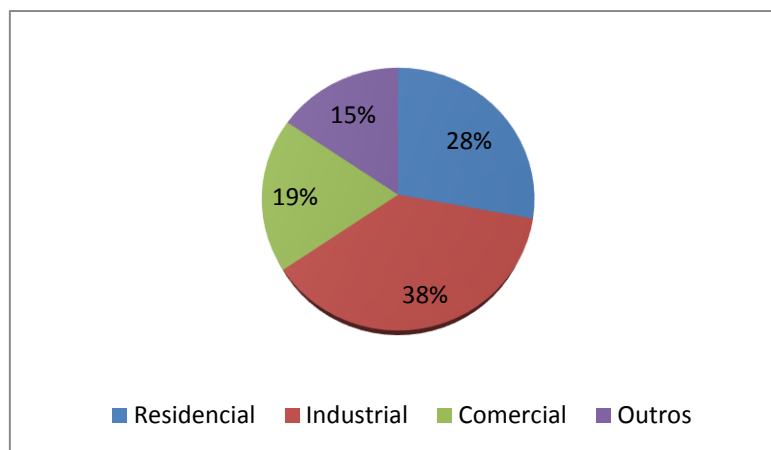


Figura 10. Estrutura do consumo de energia elétrica por classe de consumo no Brasil

Fonte: Elaboração própria com dados do Balanço Energético Nacional da EPE (2015)

Conforme elucidado nos objetivos deste trabalho, o projeto será aplicado em agências bancárias que, de acordo com caracterização feita pelo Procel (2013), está incluída no setor comercial no que tange ao consumo de energia elétrica. Para esse setor, a evolução do consumo e crescimento desde 2004 está detalhado na Fig. (11) Observa-se que apesar do ano 2009 ter tido uma queda no crescimento em relação ao consumo total de energia no Brasil, que o setor comercial manteve sempre taxas médias de crescimento acima de 3%, ou seja, é um setor que tem mantido um crescimento estável no consumo de energia.

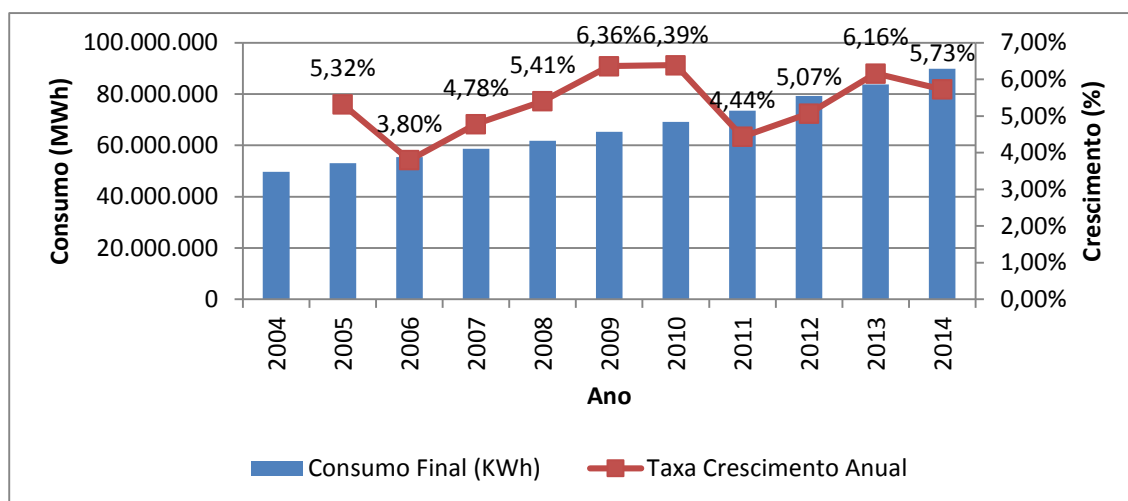


Figura 11. Consumo no Centro-Oeste de Energia Elétrica e Taxas de Crescimento 2004-2014

Fonte: Elaboração própria - dados do Balanço Energético Nacional da EPE (2015)

Paixão (2013) aborda que o consumo de energia nos setores comercial e público é fortemente influenciado por fatores ambientais dentro do edifício. Ou seja, a iluminação artificial e o condicionamento de ar são os que mais consomem energia nesses setores. Esse mesmo autor ainda menciona que nesse setor, as agências bancárias representam a parcela que mais consome energia, superando as edificações dos demais serviços profissionais.

De acordo com relatório técnico realizado pela Eletrobrás (2009), que aborda a categorização do consumo no setor comercial, conforme evidenciado no Fig. (12), reforça o posicionamento que os principais itens que mais demandam energia nesse setor refere-se a parte de iluminação do edifício e do condicionamento de ar, ambos representando aproximadamente 70% total do consumo de energia elétrica nesse setor.

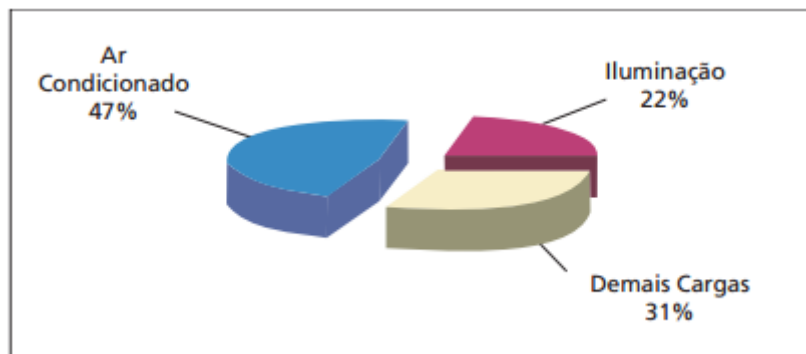


Figura 12. Distribuição do consumo de energia elétrica por uso final no setor de consumo comercial

Fonte: PROCEL-Eletrobrás (2007)

2.1.3. Custo e Tarifação de Energia Elétrica no Brasil

Elucidado o histórico e o detalhamento do consumo de energia elétrica no Brasil, o entendimento de como são classificados os consumidores quanto à tarifação de energia elétrica torna-se importante para se ter o real dimensionamento dos gastos com esse recurso.

De acordo com a ANEEL (2009), em relação à estruturação tarifária de energia elétrica, essa corresponde ao “conjunto de tarifas aplicáveis aos componentes de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência, de acordo com a modalidade de fornecimento”. Assim, as faturas mensais que registram a quantidade de energia pode ser detalhada da seguinte forma:

“quantidade de energia elétrica consumida no mês anterior e medida em kWh (quilowatt-hora). O valor final a ser pago pelo cliente corresponde à soma de três componentes: o resultado da multiplicação do volume consumido pela tarifa (valor do kWh, expresso em reais); os encargos do setor elétrico e os tributos determinados por lei” (ANEEL, 2009).

Desta forma, para aplicação das tarifas de energia elétrica, há a divisão dos consumidores que são identificados de acordo com a classe e subclasse de consumo.

De acordo com o manual de tarifação elaborado pela PROCEL (2011), há dois grupos tarifários para as unidades consumidoras no Brasil que são atendidos em função do nível de tensão, da classe e subclasse de consumo e da demanda (kW) contratada. Eles podem ser caracterizados conforme relacionado abaixo:

- **Grupo A:** possui tarifa bonomia³ e são atendidos em alta tensão, acima de 2300 volts. Exemplo: Indústrias, shopping centers e edifícios comerciais.

- **Grupo B:** possui tarifa binômia⁴ e são atendidos em baixa tensão, normalmente em 127 ou 220 volts. Exemplo: residências, lojas, agências bancárias, pequenas oficinas, edifícios comerciais.

Em relação à subclasse de consumo, de acordo com a atividade do consumidor, a tensão de atendimento para esse grupo pode ser detalhado conforme descrição abaixo:

Tabela 3. Grupo Tarifário – Alta Tensão (Superior a 2,3 kV)

Subclasse	Tensão de atendimento
A1	Superior a 230 kV
A2	entre 88 kV a 138 kV
A3	de 69 kV
A3a	de 30 kV a 44 kV
A4	de 2,3 kV a 25 kV
AS	Inferior a 2,3 kV (atendida a partir de sistema subterrâneo de distribuição)

Fonte: Atlas de energia elétrica do Brasil, ANEEL (2009)

Tabela 4. Grupo Tarifário – Baixa Tensão (Inferior a 2,3 kV)

Subclasse	Características
B1	Residencial e residencial de baixa renda
B2	Rural, cooperativa de eletrificação rural e
B3	Demais classes
B4	Iluminação pública

Fonte: Atlas de energia elétrica do Brasil, ANEEL (2009)

Pode-se observar que cada subclasse possui uma estrutura tarifária diferente, as do grupo “A” sendo enquadradas de acordo com o nível de tensão a ser contratado enquanto as do grupo “B” são enquadradas de acordo com as características da atividade do consumidor.

³ **Tarifa monômnia:** “Tarifa de fornecimento de energia elétrica, constituída por preços aplicáveis unicamente ao consumo de energia elétrica ativa em kWh” (PROCEL, 2011).

⁴ **Tarifa binômnia:** “Conjunto de tarifas de fornecimento, constituído por preços aplicáveis ao consumo de energia elétrica ativa (kWh) e à demanda faturável (kW)” (PROCEL, 2011).

Em relação aos prédios públicos, esses podem ser classificados no Grupo A, em geral na subclasse A4. Caso sejam atendidos em baixa tensão, são enquadradas no grupo B3, é o caso dos estabelecimentos das agências bancárias (PROCEL, 2011).

Assim, as tarifas de energia elétrica são definidas em dois componentes: demanda medida e consumo de energia. O Grupo A paga tanto a tarifa do consumo de energia medido como também da demanda contratada. Já os clientes do grupo B pagam apenas a tarifa do consumo de energia elétrica medido.

Para o grupo A, além do nível de tensão, da classe e subclasse de consumo, outro critério inerente à tarifação é em relação a sazonalidade. Desta forma, ela pode ser enquadrada em três modalidades, conforme resolução Aneel nº 414/2010 especificado abaixo:

- **Convencional:** tem como característica tarifas de consumo de energia e/ou de demanda independentemente do horário de utilização do dia ou do ano.
- **Horo-sazonal azul:** possui tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia e dos períodos do ano.
- **Horo-sazonal Verde:** possui tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia e dos períodos do ano, e uma única tarifa de potência de demanda.

Como pode-se observar, essas modalidades levam em consideração os períodos de utilização de energia elétrica do dia e da época no ano. Ao longo do dia são utilizados dois postos tarifários: na “ponta” e “fora de ponta”. Ao longo do ano, a utilização de energia é caracterizada pelos postos tarifários: “período úmido” e “período seco”. Esses postos tarifários podem ser detalhados, conforme texto extraído da resolução da Aneel (2010), a seguir:

- Horário de Ponta: composto por 3 (três) horas diárias consecutivas definidas pela distribuidora considerando a curva de carga de seu sistema elétrico. Não se enquadram nessa modalidade os sábados, domingos e alguns feriados;
- Horário fora de Ponta: período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta;
- Período Úmido: período de 5 (cinco) ciclos de faturamento consecutivos, referente aos meses de dezembro de um ano a abril do ano seguinte;
- Período Seco: período de 7 (sete) ciclos de faturamentos consecutivos, referente aos meses de maio a novembro;

Assim, essa diferenciação das tarifas nos horários do dia e nos períodos do ano proporcionam ao consumidor a possibilidade de diminuir os gastos com energia elétrica, haja vista a opção de escolher os horários do dia e os períodos do ano que ela corresponde a um valor mais barato. Proporciona, também, a racionalização do consumo de energia elétrica em períodos mais críticos de produção, tendo em conta o aumento da tarifa provocar a diminuição no consumo.

De acordo com Rodrigues (apud Tsutiya, 2001) as principais alternativas que reduzem o custo com energia elétrica pode ser detalhado como: alteração da estrutura tarifária, regularização da demanda contratada e a desativação de equipamentos. Essas medidas podem ser detalhas conforme abaixo:

- Estrutura tarifária: deve-se iniciar o estudo de redução de custos analisando as contas de energia elétrica mensais. Conhecendo o sistema tarifário e o padrão de consumo do cliente, pode-se chegar a forma mais adequada de cobrança de energia elétrica para a instalação;
- Regularização da demanda contratada: adequar a demanda contratada com o intuito de evitar o pagamento desnecessário de tarifas, como demanda não utilizada ou demanda de ultrapassagem;
- Manutenção e Desativação de equipamentos: equipamentos mal regulados consomem mais energia do que os aparelhos que têm as manutenções feitas periodicamente. Outra situação, mesmo os equipamentos estando desligados, estando eles ligados em redes de baixa ou alta tensão, há a cobrança do consumo mínimo, bem como da demanda contratada, então, a desativação de equipamentos ociosos reduz os custos com essas tarifas;

Assim, várias medidas são possíveis para reduzir o custo com energia elétrica. Algumas, como as apresentadas acima, não demandam investimentos, apenas necessitam de ações por parte do gestor do estabelecimento. Já outras necessitam de algum investimento, é o caso de troca de equipamentos por outros que dispendem menos consumo de energia elétrica.

2.2. ficiência Energética

Lamberts, Dutra e Pereira (2014) definem eficiência energética como “a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia. Portanto, um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais (internas) com menor consumo de energia”. Esse termo pode ser relacionado com o conceito de pareto eficiente, onde “uma unidade é Pareto Eficiente se, e somente se, ela não consegue melhorar alguma de suas características sem piorar as demais” (MELLO ET AL., 2005).

Muito se tem falado em economia de energia e, sobre esse tema, esses mesmos autores abordam que para atingir esse objetivo é necessário está atento aos aspectos estruturais das instalações bem como a funcionalidade arquitetônica que abrange o conforto térmico, visual e acústico dos usuários.

Assim, a eficiência energética não é alcançada apenas com programas voltados a racionalização de energia. É possível e desejável atuar em projetos desde a parte estrutural das instalações como também na manutenção e utilização de equipamentos que são considerados de baixo consumo de energia elétrica.

Diversos são os programas direcionados à diminuição do desperdício, uso racional e conservação de energia. Dentre eles, no setor elétrico, existe o PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), que fundamenta a conservação ou eficiência energética como sendo a “utilização de uma

menor quantidade energia para obtenção de um mesmo produto ou serviço por meio da eliminação de desperdício, do uso de equipamentos eficientes do aprimoramento e de processos produtivos” (PROCEL, 2013).

Para determinar o nível de eficiência energética dos produtos consumidores de energia no país, a Eletrobrás, com o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), em conjunto com o INMETRO, elaboraram a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). Basicamente, a avaliação é realizada em três sistemas: envoltória, iluminação e condicionamento de ar para realizar a etiquetagem do edifício. Conforme a Figura (13), o nível de eficiência vai de A (mais eficiente) até E (menos eficiente) e segue o RTQ-C (Regulamento Técnico da Qualidade) que é um índice que mede o nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e público e subsidia a concessão do ENCE (Inmetro, 2015).

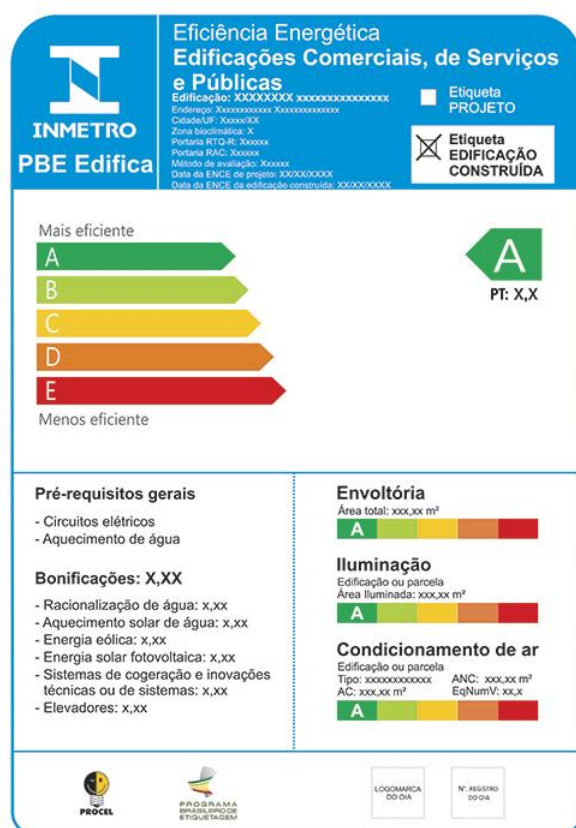


Figura 13. Modelo da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para edificações.
Fonte: INMETRO (2015)

A equação geral que determina o nível de eficiência do edifício leva em consideração os três itens, mais bonificações. É possível, também, obter a classificação de apenas um sistema, deixando os demais em aberto (INMETRO, 2015). Percebe-se, desta forma, que esses três itens são os mais impactantes no que se refere ao objetivo de racionalizar o consumo de energia nas edificações. Assim, servem de parâmetro para verificação do nível de eficiência energética nas edificações em geral.

Em seu estudo sobre o potencial de conservação de energia elétrica no setor bancário brasileiro, a partir da implementação de alternativas tecnológicas mais eficientes, Pinto (2011) levantou as características do consumo de energia elétrica, conforme questionário de pesquisa realizado no PROCEL, referentes às horas diárias de operação de cada equipamento para determinar aqueles que representam maior consumo de energia nos estabelecimentos bancários. O consumo médio mensal final, para os dois tipos de tensões de energia utilizados nas dependências (alta e baixa tensão) estão representados nas Fig. (14) e (15) a seguir:

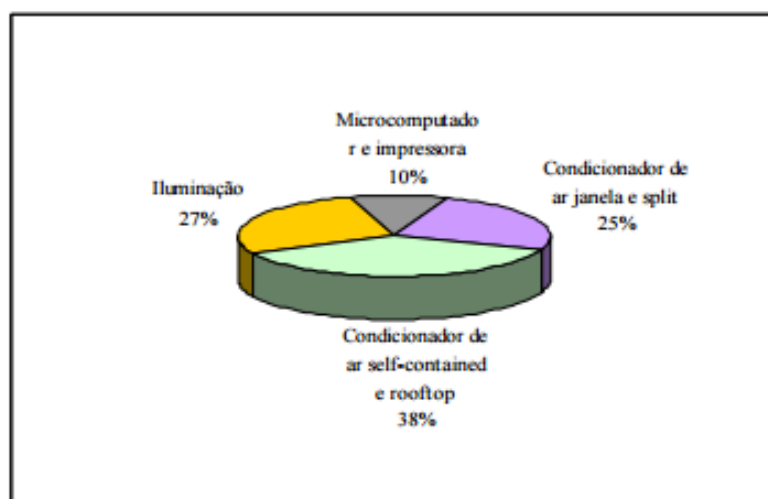


Figura 14. Uso final de energia (%) – Alta tensão

Fonte: Pinto (2011)

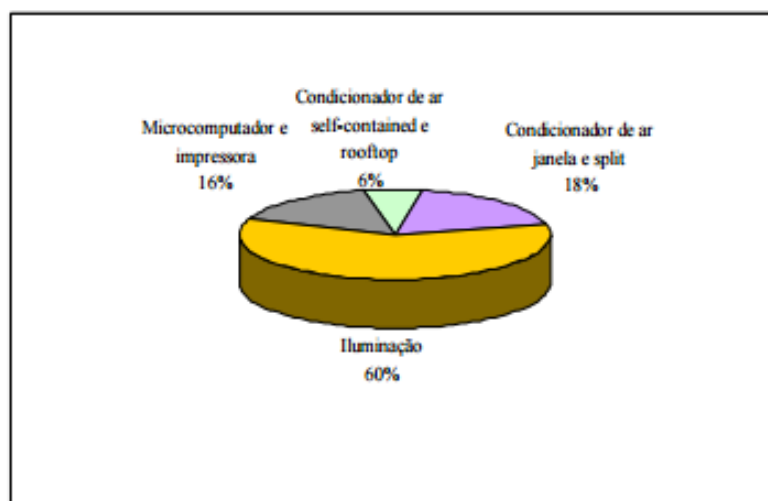


Figura 15. Uso final de energia (%) – Baixa tensão

Fonte: Pinto (2011)

Assim, nos estabelecimentos que utilizam alta tensão, o maior consumo refere-se aos condicionadores de ar self contained e rooftop com 38% do consumo total. Já para as dependências que utilizam baixa tensão, a maior representação de consumo ficou por conta do sistema de iluminação.

Estudo semelhante é encontrado no trabalho de Pedreira (2010) que estratificou o uso de energia elétrica em função da natureza de ocupação de diversos tipos de edificações. A distribuição por uso final nessas edificações está representada na Fig. (16) sendo que para o setor bancário, 52% do consumo final é feito pelo sistema de iluminação e 34% pelos aparelhos de ar condicionado.

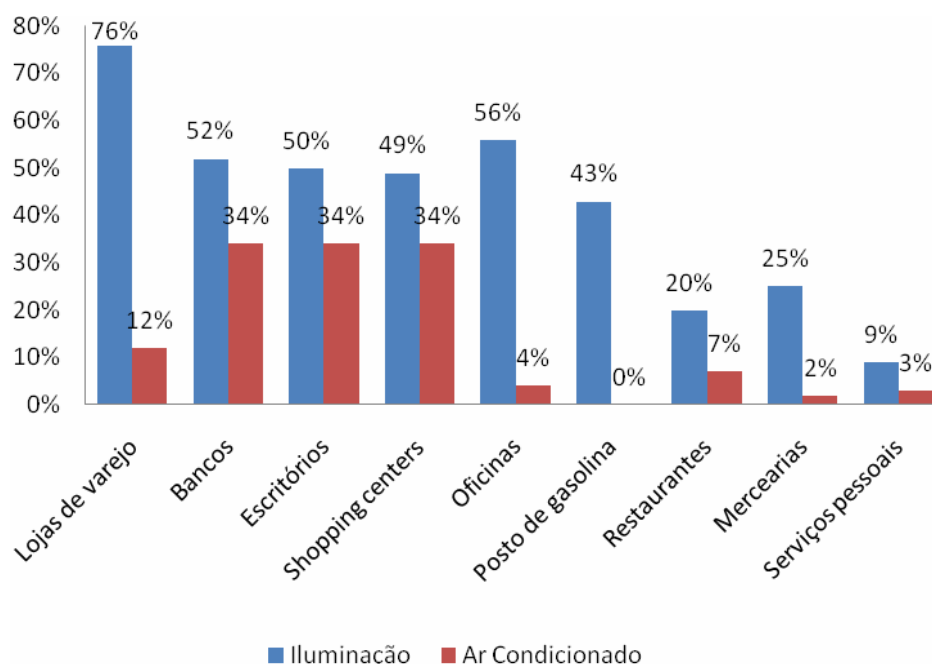


Figura 16. Consumo de energia elétrica (Iluminação/ar condicionado) em diferentes tipos de edifícios comerciais e de serviços

Fonte: Lamberts et. al. (1997 apud Pedreira, 2010)

Percebe-se que a eficiência energética está relacionada direta ou indiretamente a todo componente ligado ao sistema de energia elétrica. Então, tudo que utiliza o sistema de energia elétrica é fonte suficiente para geração de economia e redução de energia, haja vista a participação no consumo final.

Seguindo esse enfoque, o Banco do Brasil tem realizado a gestão do uso de energia elétrica nos seus imóveis com o programa de racionalização do consumo de energia, retrofits⁵ e também do programa de ecoeficiência⁶.

Para Romero e Reis (2014) a racionalização de energia pode ser entendida como:

“uma série de medidas que tem em vista a redução do consumo, sem que haja perda de comodidade por parte do consumidor. Portanto, a internalização dos custos de produção e distribuição no preço final da energia elétrica não é suficiente para alcançar a racionalização máxima dos recursos energéticos. Uma boa maneira de

⁵ A definição de retrofit, segundo a Norma de Desempenho (NBR 157575-1), é a "remodelação ou atualização do edifício ou de sistemas, através da incorporação de novas tecnologias e conceitos, normalmente visando a valorização do imóvel, mudança de uso, aumento da vida útil e eficiência operacional e energética".

⁶ De acordo com o World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), ecoeficiência “está relacionado ao fornecimento de bens ou serviços que satisfazem às necessidades humanas, trazendo melhor qualidade de vida, reduzindo os impactos ambientais e o uso de recursos naturais, considerando o ciclo de vida dos produtos, sua produção e a capacidade do planeta de suportar tal demanda” (WBCSD, 2000).

racionalizar energia é aumentar a eficiência dos equipamentos utilizados, o que significa ter um equipamento que despenda o mínimo de energia possível para realizar suas tarefas, ou seja, que tenha o mínimo de perdas possível”.

Um bom posicionamento a esse respeito é colocado pelo Instituto Nacional de Energia Elétrica (2001, p. 06), que cita que “a eficiência energética não é o racionamento nem a racionalização forçada, que visam a redução do serviço energético (por exemplo: tomar banho frio no inverno) em vez da redução da energia para o mesmo serviço”. Considerando uma economia ótima no sentido de Pareto Eficiente, eficiência energética então pode ser entendida como a possibilidade de melhorar a situação de um agente, ou, mais genericamente, a utilidade do uso de energia elétrica de um agente, sem ter que degradar a situação de qualquer outro agente.

2.3. Custo de Energia Elétrica no Banco do Brasil

O Banco do Brasil segue o Programa de Conservação de Energia - PROCEN em caráter permanente, inspirado no PROCEL - Programa de Conservação de Energia Elétrica do Governo Federal. O PROCEN foi criado em 15/12/1990 para o controle da utilização de energia elétrica nas dependências do Banco por meio de procedimentos focados na utilização racional da energia elétrica nos imóveis de uso (próprios ou de terceiros, ocupados ou não), sem prejuízo da produtividade, funcionalidade, segurança e conforto dos usuários. Esse programa é gerenciado por duas frentes:

- Em âmbito nacional: Diretoria de Apoio aos Negócios e Operações - USI/Divisão de Manutenção;
- Em âmbito regional: Genop - Gerência de Apoio aos Negócios e Operações, cabendo orientar as dependências nos assuntos afins.

A gestão do uso de energia elétrica nos imóveis de uso do Banco do Brasil, próprios ou de terceiros, ocupados ou não, assenta-se em conceitos direcionados ao uso racional da energia, os quais são aplicados na concepção dos projetos, obras, reformas e serviços de manutenção da infraestrutura eletromecânica e hidrossanitária prediais.

Cabe à USI/Divisão de Manutenção normatizar as instruções técnicas, a gestão técnica e gerencial dos processos relacionados ao uso racional de energia elétrica no âmbito nacional, prospecção de novas soluções técnicas e administrativas e análise e decisão sobre implantação de novas tecnologias. Cabe também supervisionar os processos sob condução dos Centros de Serviços de Logísticas – CSL e Genop.

A gestão do consumo de energia elétrica nas dependências de uso do Banco do Brasil são controladas através de um Painel de Energia Elétrica disponibilizado para as dependências, onde constarão informações dos valores de cada dependência e sua comparação com os valores a nível estadual e nacional. A meta que é estabelecida para parâmetro de atingimento tem a seguinte distribuição:

- Região Sul: 14 kWh/m²
- Região Sudeste: 16 kWh/m²
- Região Centro-Oeste: 17 kWh/m²
- Região Norte: 20 kWh/m²
- Região Nordeste: 21 kWh/m²

Para que o Banco consiga atingir algumas metas referentes ao consumo racional de energia elétrica, algumas medidas são tomadas em consonância com a modernização do sistema de energia, entre elas:

- Substituição de transformadores;
- Adequação às normas técnicas nacionais e internacionais;
- Obtenção do melhor fator de carga da instalação para redução da demanda e do consumo de energia;
- Correção do fator de potência com a instalação de bancos de capacitores;
- Negociação com as concessionárias de energia elétrica das tarifas de demanda de consumo (otimizar os contratos de fornecimento, adequando ao perfil de carga da instalação)

Conforme já mencionado, as tarifas de energia elétrica estão estruturadas em dois grupos: Tarifas do grupo A (consumidores de alta tensão) e Tarifas do grupo B (consumidores de baixa tensão). No Banco do Brasil, para o conjunto de agências objeto deste estudo, as tarifas utilizadas estão distribuídas a seguir:

Tabela 5. Grupo Tarifário – Alta Tensão (Superior a 2,3 kV)

Subclasse	Tensão de atendimento
Subgrupo B3	Inferior a 2,3 kV
Subgrupo A4A	de 2,3 kV a 25 kV
Subgrupo A4V	de 2,3 kV a 25 Kv
Subgrupo ASV	Sistema subterrâneo (<2,3 kV)

Fonte: Atlas de energia elétrica do Brasil, ANEEL (2009)

O Quadro (2) e (3) traz um detalhamento do custo da tarifa de energia de acordo com o subgrupo tarifário e a demanda contratada para cada subgrupo:

Quadro 1. Tarifas do Grupo B

Consumo (Alíquota do ICMS)	Até 50 kWh(0%)	51 a 200 (12%)	201 acima (18%)
B2 - Rural	0,3208753	0,3671109	0,3956133
B2 - Cooperativa de eletrificação rural	0,3208753	0,3671109	0,3956133
B2 - Madrugada - irrigação (redução de 67%) sobre a Tarifa B2 - Rural para o período das 21:30h às 06:00h			
B3 - Serviço de Saneamento (redução de 15%)		0,4457804	0,4803907
B4a - Iluminação Pública (entrega no poste)		0,2884486	0,3108436
B4b - Iluminação Pública (entrega na lâmpada)		0,3146613	0,3390916
Consumo (Alíquota do ICMS)	Até 200 (12%)	201 a 1000 (18%)	1001 acima (21%)
B3 - Comercial/Industrial	0,5244476	0,5651656	0,5879913
Consumo (Alíquota do ICMS)	Até 200 (12%)	201 a 500 (18%)	501 acima (25%)
B3 - Poder Público	0,5244476	0,5651656	0,6214570

Fonte: Companhia Energética de Brasília – CEB (2016)

Quadro 2. Tarifas do Grupo A

Tarifa Horo-Sazonal Azul
Bandeira Verde

Comercial/Industrial acima de 1000 kWh Poder Público/Resid. > de 500 kWh Demais classes: qualquer consumo	ICMS	Demanda - R\$/kW				Consumo - R\$/kWh			
		Ponta	Fora de Ponta	Ultrapas. na ponta	Ultrapas. f. de ponta	Ponta seca	Ponta úmida	F. de ponta seca	F. de ponta úmida
A2 - Comercial/Industrial	21%	8,7910608	2,1001615	17,5821217	4,2003231	0,6000269	0,6000269	0,4175417	0,4175417
A2 - Poder Público	25%	9,2914058	2,2196926	18,5828116	4,4393853	0,6341775	0,6341775	0,4413062	0,4413062
A2 - Saneamento (redução de 15%)	18%	7,1823240	1,7158385	14,3646480	3,4316770	0,4902238	0,4902238	0,3411328	0,3411328
A3a - Saneamento (redução de 15%)	18%	17,7413302	5,5104813	35,4826604	11,0209627	0,4995069	0,4995069	0,3504160	0,3504160
A3a - Comercial/Industrial	21%	21,7151319	6,7447495	43,4302638	13,4894991	0,6113893	0,6113893	0,4289041	0,4289041
A4 - Comercial/Industrial	21%	21,7151319	6,7447495	43,4302638	13,4894991	0,6113893	0,6113893	0,4289041	0,4289041
A4 - Poder Público	25%	22,9510529	7,1286283	45,9021058	14,2572566	0,6461866	0,6461866	0,4533153	0,4533153
A4 - Saneamento (redução de 15%)	18%	17,7413302	5,5104813	35,4826604	11,0209627	0,4995069	0,4995069	0,3504160	0,3504160
A4 - Serviço Público Tração Elétrica	18%	20,8721532	6,4829192	41,7443064	12,9658385	0,5876552	0,5876552	0,4122541	0,4122541
A4 - Rural (redução de 10%)	18%	18,7849378	5,8346273	37,5698757	11,6692546	0,5288897	0,5288897	0,3710287	0,3710287
A4 - Madrugada (redução de 80%)	18%	-	-	-	-	0,1175310	0,1175310	0,0824508	0,0824508
A4 - Cooperativa (redução de 50%)	18%	10,4360766	3,2414596	20,8721532	6,4829192	0,2938276	0,2938276	0,2061270	0,2061270
A4 - Residencial	25%	22,9510529	7,1286283	45,9021058	14,2572566	0,6461866	0,6461866	0,4533153	0,4533153
AS - Comercial/Industrial	21%	34,5988152	13,0452342	69,1976305	26,0904684	0,6278944	0,6278944	0,4454092	0,4454092
AS - Poder Público	25%	36,5680136	13,7877063	73,1360273	27,5754126	0,6636311	0,6636311	0,4707598	0,4707598

Tarifa Horo-Sazonal Verde

Comercial/Industrial acima de 1000 kWh Poder Público/Residencial acima de 500 kWh Demais classes: qualquer consumo	ICMS	Demanda - R\$/kW		Consumo - R\$/kWh			
		Normal	Ultrapas.	Ponta seca	Ponta úmida	F. de ponta seca	F. de ponta úmida
A3a - (30 a 44 kV)	21%	6,7447495	13,4894991	1,1379106	1,1379106	0,4289041	0,4289041
A4 - Comercial/Industrial	21%	6,7447495	13,4894991	1,1379106	1,1379106	0,4289041	0,4289041
A4 - Poder Público	25%	7,1286283	14,2572566	1,2026750	1,2026750	0,4533153	0,4533153
A4 - Saneamento (redução de 15%)	18%	5,5104813	11,0209627	0,9296765	0,9296765	0,3504160	0,3504160
A4 - Rural (redução de 10%)	18%	5,8346273	11,6692546	0,9843633	0,9843633	0,3710287	0,3710287
A4 - Madrugada (redução de 80% no consumo)	18%	-	-	-	-	0,0824508	0,0824508
A4 - Cooperativa (redução de 50%)	18%	3,2414596	6,4829192	0,5468685	0,5468685	0,2061270	0,2061270
A4 - Residencial	25%	7,1286283	14,2572566	1,2026750	1,2026750	0,4533153	0,4533153
A4 - Serviço Público Tração Elétrica	18%	6,4829192	12,9658385	1,0937370	1,0937370	0,4122541	0,4122541
AS - Comercial/Industrial	21%	13,0452342	26,0904684	1,4668686	1,4668686	0,4454092	0,4454092
AS - Poder Público	25%	13,7877063	27,5754126	1,5503557	1,5503557	0,4707598	0,4707598

Fonte: Companhia Energética de Brasília – CEB (2016)

3. DATA ENVELOPMENT ANALYSIS – DEA

O presente trabalho apresenta o uso de uma metodologia para avaliar o nível de eficiência relativa no consumo de energia elétrica nas agências do Banco do Brasil situadas no Distrito Federal. Tal método foi proposto originalmente por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) fundamentado no trabalho de Farrell (1957), que foi um dos precursores da aplicação da Análise Envoltória de Dados. O seu trabalho baseava-se nos conceitos de análise de atividades e consistia em desenvolver melhores métodos para avaliar a produtividade (FERREIRA e GOMES, 2006). Porém, seu método era profundamente restritivo, haja vista não poder combinar múltiplos insumos para criar um indicador de eficiência único.

O trabalho de Charnes, Cooper e Rhodes (1978) tornou a metodologia da Análise Envoltória de Dados em operacional apenas em 1978 com o modelo de retornos constantes de escala, também conhecido como DEA CCR, e orientado apenas para insumos. Posteriormente, em 1984, Banker, Charnes e Cooper introduziram o modelo com retornos variáveis de escala ou DEA BCC.

No trabalho de Charnes, Cooper, Rhodes (1978) o objeto consistia em comparar a eficiência das escolas públicas americanas, mas sem a necessidade de atribuir pesos para cada variável. Embora tal método tenha sido aplicado originalmente na avaliação de eficiência de escolas públicas, esse modelo tem sofrido constantes aprimoramentos, sendo possível sua aplicação nas mais diversas áreas ou setores.

O conceito de Análise Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis), conforme elucidado por Berger e Humphrey (1997), é descrito como uma ferramenta matemática, que utiliza dos recursos da pesquisa operacional, mais especificamente a programação linear, para medir a eficiência relativa de um conjunto de unidades produtivas. Eles mencionam que como o conjunto de observações que formam as combinações lineares produzem uma fronteira de possibilidades de produção, que o método DEA não requer uma função de produção na relação existente entre input-output.

Assim, seguindo esse conceito, o método DEA é aplicado para criar indicadores de eficiência produtiva que são operacionalmente aplicáveis e identificar as unidades analisadas eficientes na transformação dos recursos em produtos. A relação entre os recursos e os produtos gerados é o que dá forma a fronteira de eficiência. As unidades analisadas que se encontram fora dessa fronteira (unidades ineficientes), podem ser trabalhadas pelo gestor para alcançarem um padrão de eficiência.

Mello et al (2005) aborda que o conjunto de unidades que são objeto de análise são classificadas como “Unidades que Tomam Decisão”, ou simplesmente Decision Making Unit (DMU). Périco et al (2008, p. 425 apud LINS e MEZA, 2000), menciona uma importante observação quanto à homogeneidade das DMUs:

“Por DMUs homogêneas entende-se que são aquelas que realizam as mesmas tarefas com os mesmos objetivos, que estejam trabalhando nas mesmas condições de mercado, e tais que as variáveis utilizadas sejam iguais, com exceção da sua

magnitude. As unidades a serem avaliadas necessitam ser suficientemente semelhantes, de forma que a comparação faça sentido, mas também suficientemente diferentes, de forma que possamos discriminá-las”.

Essa DMU, conforme abordado por Mariano (2008), pode ser representado de acordo com o demonstrado na Fig. (17), onde os “inputs” representam os insumos ou recursos utilizados e os “outputs” representam os produtos ou resultados gerados nas unidades avaliadas (DMU).



Figura 17. Representação de uma DMU

Fonte: Adaptado de Mariano (2008)

3.1. Produtividade x Eficiência

Antes de iniciar o estudo do método de programação linear baseado na Análise por Envoltória de Dados, é necessário entender a diferença entre eficiência e produtividade.

De acordo com Guerreiro (2006), quando se trabalha com avaliação do desempenho de unidades de decisão, os termos eficiência e produtividade encontram-se intrinsecamente relacionados a tal tema. Produtividade então é definida como sendo “a relação entre os produtos e os insumos necessários, razão entre output produzido e input disponível” (COELLI ET AL, 1998 apud GUERREIRO, 2006). Ela pode ser calculada, em casos onde haja apenas um produto e um insumo no sistema produtivo, como sendo:

$$Produtividade = \frac{Produto}{Insumo} \quad (1)$$

Para Ferreira e Gomes (2012), embora os termos Produtividade e Eficiência tenham pontos em comum, apresentam peculiaridades que as distinguem: produtividade está relacionada à forma de utilização de recursos para geração dos produtos, enquanto a eficiência está relacionada a um conceito relativo que compara o que foi produzido por unidade de insumos que foram utilizados e às produções máximas que poderiam ser obtidas. Ou seja, a eficiência está relacionada à geração de um produto com o menor uso de recursos possíveis.

Sobre esse conceito de produtividade, importante frisar sobre a fronteira de produção e o conjunto de possibilidades de produção. A fronteira de possibilidades produção representa o máximo atingível de outputs dado uma quantidade de inputs, ou seja, versa sobre a relação entre output/input dadas as tecnologias de produção atuais existentes e os fatores de produção disponíveis (COELLI, 2005). Essa

fronteira representa o conjunto de possibilidades de produção, onde podem ocorrer as combinações possíveis entre os bens de uma determinada economia (FERREIRA e GOMES, 2012), sendo representada de forma simplificada na Fig. 18:

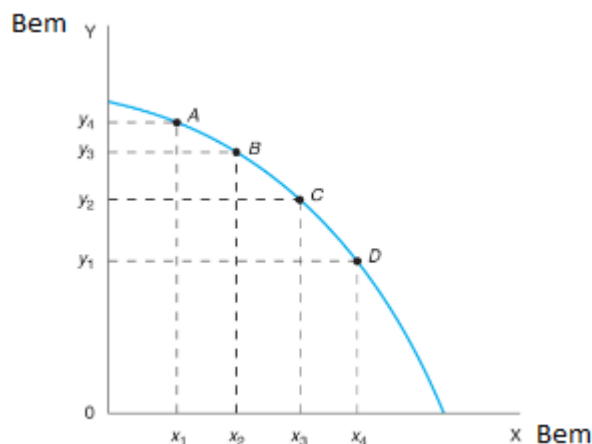


Figura 18. Gráfico Curva de Possibilidades de Produção

Fonte: Elaboração própria

A fronteira de possibilidade de produção representa então um conjunto de combinações possíveis de bens, o que implica que quanto mais recursos são utilizados na produção de um bem, menos recursos estarão disponíveis para produção de outro bem, assim, os pontos que estão sobre a curva de produção são consideradas eficientes enquanto os pontos no interior dessa fronteira não os são (COELLI, 2005).

Para Mariano (2008) a grande diferença entre produtividade e eficiência é que “produtividade é um índice que agrega diferentes unidades de medida e que pode assumir qualquer valor real, enquanto a eficiência é sempre um valor adimensional entre 0 e 1”. Um exemplo, no caso do consumo de energia elétrica, é uma lâmpada que consome uma determinada carga de energia para iluminar uma determinada área por um determinado período de tempo. Essa não será sua produtividade, mas quanto menos energia essa lâmpada consumir, maior será sua eficiência.

Um sinônimo que causa muita confusão com eficiência é o conceito de eficácia. Embora parecidos, apresentam diferenças, sendo a eficácia definida como “a relação entre os resultados obtidos e os resultados desejados ou previstos, sem levar em conta os recursos utilizados” (GUERREIRO, 2006), que difere da eficiência por consistir na “comparação do que foi produzido, dados os recursos disponíveis, com o que poderia ser produzido com esses mesmos recursos” (MELLO et al, 2005, p. 2522).

Para Beloni (2000), há duas formas de analisar a eficiência de uma empresa. A primeira diz respeito à eficiência alocativa, ou seja, a empresa pode ser analisada no aspecto econômico. Já a segunda refere-se a eficiência produtiva, que leva em consideração a capacidade de produção da empresa. Desta forma, uma empresa pode ter eficiência técnica, e ainda pode explorar sua produtividade através da economia de escala. Assim, de acordo com Azambuja (2000 apud Mariano, 2008, p. 43), considera-se a eficiência produtiva como sendo “a habilidade de evitar desperdícios, ou seja, a habilidade de produzir tantos

resultados quanto o uso dos recursos permitirem ou de usar o mínimo de recursos possível, que viabiliza uma determinada produção”.

Como mencionado, a eficiência produtiva pode ser decomposta em duas vertentes: eficiência técnica e de escala. A eficiência técnica refere-se à capacidade de se trabalhar as entradas e saídas em um sistema de produção, permanecendo dentro de uma fronteira de retornos variáveis de escala (Variable Returns to Scale - VRS). Já em eficiência de escala a interação entre insumos e produtos permanece constante, ou seja, a variação de aumento na entrada é igual à proporção gerada de aumento na saída, também chamada de retornos constantes de escalas (Constant Returns to Scale – CRS) (MELLO et al, 2005).

A representação das eficiências de escala supracitadas são ilustradas na Fig. (19) a seguir:

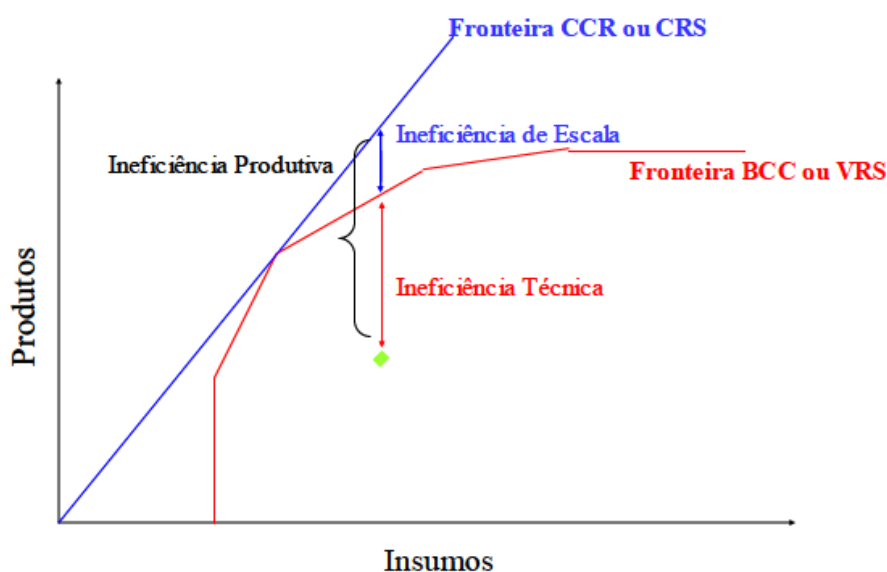


Figura 19. Representação das Fronteiras de Eficiência BCC e CCR
Fonte: Macedo et al (2009 apud Belloni, 2000)

3.2. O Modelo DEA

A metodologia utilizada para construção de indicadores de eficiência é a Análise por Envoltória de Dados. Tal método, de acordo com Mello (2005), em seu trabalho realizado nas Universidades Federais, pode ser conceituado como “uma ferramenta matemática para medida de eficiência de unidades produtivas”.

De acordo com Ferreira e Gomes (2012), o modelo de eficiência é determinado pela otimização na relação da soma ponderada dos “outputs” pela soma ponderada dos “inputs”. Desta forma, esse indicador pode ser representado da seguinte forma:

Quadro 3. Problema de programação Fracionária

Orientação ao Input	Orientação ao Output
$Max Ef_0 = \frac{\sum_{j=1}^m u_j y_{j0}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{i0}} \quad (2)$ <p>Sujeito a:</p> $Ef_0 = \frac{\sum_{j=1}^m u_j y_{j0}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{i0}} \leq 1, \forall k, ou k = 1, 2, \dots, n$ $u_j \geq 0, com j = 1, 2, \dots, m$ $v_i \geq 0, com i = 1, 2, \dots, r$	$Min h_0 = \frac{\sum_{i=1}^r v_i x_{i0}}{\sum_{j=1}^m u_j y_{j0}} \quad (3)$ <p>Sujeito a:</p> $h_0 = \frac{\sum_{i=1}^r v_i x_{i0}}{\sum_{j=1}^m u_j y_{j0}} \geq 1, \forall k, ou k = 1, 2, \dots, n$ $v_i \geq 0, com i = 1, 2, \dots, r$ $u_j \geq 0, com j = 1, 2, \dots, m$

Fonte: Ferreira e Gomes (2012)

Onde : $x = inputs$; $y = outputs$; u e $v = pesos$

Belloni (2000) faz a seguinte abordagem na relação entre os insumos e produtos para as duas orientações possíveis do modelo. Quando orientado ao input, a relação entre produtos e insumos dessa função deve ser no máximo igual a 1, sendo considerada ineficiente os pontos com valores inferiores 1. Quando orientado ao output, a razão entre o input e o output, ponderados pelos respectivos pesos (u e v), deve ser maior ou igual a 1, sendo considerada ineficiente para quaisquer valores acima. Assim, esse mesmo autor ainda menciona que na técnica DEA, o vetor de peso (u, v) reproduz a taxa de substituição entre os inputs e outputs que se pretende produzir, isso porque, ao se associar um conjunto de pesos para cada unidade avaliada, tem-se uma medida de produtividade única para cada DMU.

Mello et al (2005) menciona que para se eliminar a subjetividade do processo quanto aos pesos, fica a critério de cada DMU escolher os próprios pesos que melhor maximizem a razão do modelo de eficiência, sempre respeitando as restrições de eficiência, isto é, um valor entre 0 e 1, e a restrição de não negatividade das variáveis de decisões (pesos).

Conforme já abordado, dois são os modelos de DEA: CCR e o BCC. Esses modelos, de acordo com Coelli et al (2005), apresentam dois tipos de orientações, uma orientada para os insumos e outra para os produtos. No que se refere à orientação aos inputs, pretende-se determinar até quanto pode-se minimizar os insumos mantendo-se constante os resultados ou os outputs. Já para a orientação aos outputs, o objetivo é responder até quanto pode-se maximizar os produtos mantendo-se as entradas ou os inputs constantes (COELLI et al, 2005). As configurações dessas orientações estão representadas na Fig. (20) a seguir:

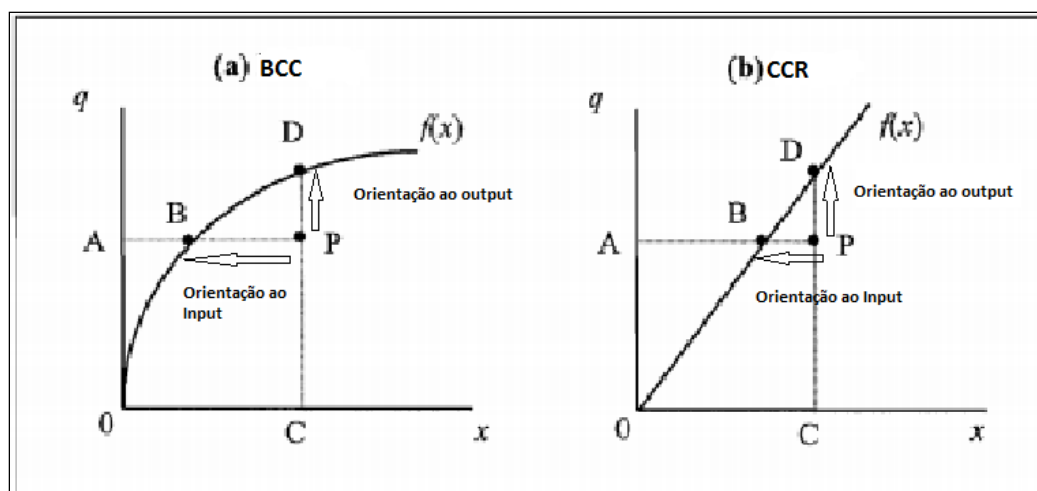


Figura 20. Orientações para input e output nos modelos BCC e CCR

Fonte: Adaptado de Coelli et al (2005)

Mariano (2008) explica que a diferença no cálculo da eficiência total e técnica é apenas o formato da fronteira de eficiência. No modelo CCR sendo representada por uma reta com ângulo de 45° que intercepta as DMU's mais eficientes e servem de comparação para as demais. No modelo BCC a fronteira é convexa que representa uma função de produção com suas variações de escala.

O que se observa nesses modelos é que na fronteira do modelo CCR, por ser representada por uma reta, cujo ângulo é de 45° , uma diminuição nos inputs ou aumento nos outputs gera um resultado proporcional nas respectivas orientações. Já no modelo BCC, devido à fronteira de eficiência ser representada por uma curva, o resultado das duas orientações possíveis geram resultados diferentes, ou seja, o impacto da minimização dos inputs ou maximização dos outputs pode ter o correspondente resultado diferente para uma mesma DMU.

De acordo com Freaza (2006 apud Martins, 2014) o conjunto de pesos aplicados na formulação matemática de programação linear são chamados de multiplicadores e a função onde são aplicados denominada de modelo dos multiplicadores.

Tanto no modelo CCR como no BCC, a forma dos multiplicadores lineariza o problema de programação fracionária correspondente em uma solução única, desta forma, calcula-se o nível de eficiência relativa separada para cada DMU analisada (MARIANO, 2008). Para Guerreiro (2006), como o conjunto de DMUs possuem particularidades no que se refere aos seus valores, então elas podem

definir os pesos que melhor maximizem a sua eficiência, sempre lembrando que a mesma não pode ser superior a 1.

Ao se fazer essa mensuração, cada DMU é livre para escolher o conjunto de multiplicadores ótimos de forma que, sob uma mesma ótica de restrição para as demais DMU's, considerando os mesmos pesos, elas não atinjam mais de 100% de eficiência (RAFAELI, 2007).

Em relação ao modelo do envelopamento, de acordo com Belloni (2000), há a adição de restrições nas folgas da produção e nos excessos do consumo, isso faz com que seja obtida uma solução que atenda as condições de otimalidade de pareto e seja gerada uma medida de eficiência forte. Ainda, de acordo com esse mesmo autor, no modelo dos multiplicadores podem ser atribuídos pesos iguais a zero nas taxas de substituição entre recursos e resultados. Isso faz com que haja inexistência de substituição, o que provoca a impossibilidade de chegar a uma função que possa determinar a relação entre recursos e resultados na busca por um indicador de eficiência. O modelo do envelopamento age nesse quesito, ao não se deixar atribuir taxas zero para os pesos.

Os modelos CCR orientado ao insumo e à produção, conforme representação de Gomes e Ferreira (2012) estão formulados nas Quadros (5) e (3), respectivamente.

Quadro 4. Formulação Matemática para o Modelo CCR – Orientação a Insumo

Modelo dos multiplicadores	Modelo envoltório
$Max\ Eff_0 = \sum_{j=1}^m \mu_j y_{j0}$ <p>(μ, ν)</p> <p>Sujeito a:</p> <p style="text-align: right;">(4)</p> $\sum_{i=1}^r \nu_i x_{i0} = 1$	$Min\ \theta, tal\ que\ 0 \leq \theta \leq 1$ <p>(θ, λ)</p> <p>Sujeito a: (5)</p> $\theta x_{i0} - \sum_{k=1}^n \lambda_k x_{ik} \geq 0 \forall i \quad i = 1, 2, \dots, r$ $\sum_{k=1}^n \lambda_k y_{mk} - y_{m0} \geq 0 \forall m \quad m = 1, 2, \dots, s$ $\lambda_k \geq 0 \forall k \quad k = 1, 2, \dots, n$ <p><i>em que : y = produção; x = insumo,</i> <i>λ = pesos</i></p>

$\sum_{j=1}^m \mu_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 0, \forall k$ $\mu_j, v_i \geq 0, \forall i, j$ <p><i>em que : y = produção; x = insumo,</i> <i>(μ, v) = pesos</i></p>	
---	--

Fonte: Ferreira e Gomes (2012)

Quadro 5. Formulação Matemática para o Modelo CCR - Orientação a Produtos

Modelo dos multiplicadores	Modelo envoltório
$Min \ Ef_0 = \sum_{i=1}^r v_i x_{i0}$ (μ, v) <p>(6)</p> <p>Sujeito a:</p> $\sum_{j=1}^s \mu_j y_{j0} = 1$ $\sum_{j=1}^s \mu_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 0, \forall k$ $\mu_j, v_i \geq 0, \forall i, j$ <p><i>em que : y = produção; x = insumo,</i> <i>(μ, v) = pesos</i></p>	$Max \ \phi, tal \ que \ 1 \leq \phi \leq \infty$ (ϕ, λ) <p>(7)</p> <p>Sujeito a:</p> $x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0 \forall i \quad i = 1, 2, \dots, r$ $\sum_{k=1}^n y_{mk} \lambda_k - \phi y_{m0} \geq 0 \forall m \quad m = 1, 2, \dots, s$ $\lambda_k \geq 0 \forall k \quad k = 1, 2, \dots, n$ <p><i>em que : y = produção; x = insumo,</i> <i>λ = pesos</i></p>

Fonte: Ferreira e Gomes (2012)

Os modelos BCC orientado para o consumo e para a produção, conforme representação de Gomes e Ferreira (2012) estão formulados nas Quadros (7) e (8), respectivamente.

Quadro 6. Formulação Matemática para o Modelo BCC / Orientação a Insumo

Modelo dos multiplicadores	Modelo envoltório
$Max \ Ef_0 = \sum_{j=1}^m \mu_j y_{j0} + \mu_0$ (μ, v) <p>(8)</p> <p>Sujeito a:</p>	$Min \ \theta, tal \ que \ 0 \leq \theta \leq 1$ (θ, λ) <p>(9)</p> <p>Sujeito a:</p>

$\sum_{i=1}^r v_i x_{io} = 1$ $\sum_{j=1}^m \mu_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \mu_0 \leq 0, \forall k$ $\mu_j, v_i \geq 0(\varepsilon), \forall i, j$ <p><i>em que : y = produção; x = insumo,</i> <i>(μ, v) = pesos</i></p>	$\theta x_{io} - \sum_{k=1}^n \lambda_k x_{ik} \geq 0 \forall i \quad i = 1, 2, \dots, r$ $\sum_{k=1}^n \lambda_k y_{mk} - y_{mo} \geq 0 \forall m \quad m = 1, 2, \dots, s$ $\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$ $\lambda_k \geq 0, \forall k \quad k = 1, 2, \dots, n$ <p><i>em que : y = produção; x = insumo,</i> <i>λ = pesos</i></p>
---	--

Fonte: Ferreira e Gomes (2012)

Quadro 7. Formulação Matemática para o Modelo BCC / Orientação a Produto

Modelo dos multiplicadores	Modelo envoltório
$Min \quad Ef_0 = \sum_{i=1}^r v_i x_{io} + v_0$ (μ, v) <p style="text-align: right;">(10)</p> <p>Sujeito a:</p> $\sum_{j=1}^s \mu_j y_{jo} = 1$ $\sum_{j=1}^s \mu_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + v_0 \leq 0, \forall k$ $\mu_j, v_i \geq 0(\varepsilon), \forall i, j$ <p><i>em que : y = produção; x = insumo,</i> <i>(μ, v) = pesos</i></p>	$Max \phi, \text{ tal que } 1 \leq \phi \leq \infty$ (ϕ, λ) <p style="text-align: right;">(11)</p> <p>Sujeito a:</p> $x_{io} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0 \forall i \quad i = 1, 2, \dots, r$ $\sum_{k=1}^n y_{mk} \lambda_k - \phi y_{mo} \geq 0 \forall m \quad m = 1, 2, \dots, s$ $\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$ $\lambda_k \geq 0 \forall k \quad k = 1, 2, \dots, n$ <p><i>em que : y = produção; x = insumo,</i> <i>λ = pesos</i></p>

Fonte: Ferreira e Gomes (2012)

Para Ferreira e Gomes (2012) o modelo dos multiplicadores com orientação a insumos ou produtos, permite que cada DMU, mesmo com valores diferentes para as variáveis, tenham também um conjunto particular de pesos (μ_j, v_i) , podendo ser atribuídos valores zero para variáveis de algumas Mus que, nesse caso, são desconsideradas na avaliação.

Diferentemente do modelo dos multiplicadores que possuem como variáveis de decisão os pesos (μ_j, v_i) , no modelo envoltório são os escalares θ e ϕ , para os modelos CCR e BCC, respectivamente, e os pesos λ_k (FERREIRA e GOMES, 2012).

Conforme Belloni (2000), o que diferencia no problema envoltório o modelo CCR do BCC é a inclusão da restrição $(\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1)$ no modelo BCC. Ainda, conforme o posicionamento desse mesmo autor, essa restrição caracteriza a hipótese de retornos variáveis à escala de produção, uma vez que essa restrição não possibilita que o plano de produção seja expandido ilimitadamente ou reduzido até a origem.

3.3. Etapas para Aplicação da DEA

O processo de aplicação do método DEA exige um conjunto de etapas para que possa ser implementada. Portanto, para que possamos aplicá-la, torna-se necessário seguir alguns parâmetros conforme destacado por Golany e Roll (1988), a seguir:

Definir e selecionar as DMUs que farão parte da análise;

Determinação dos Inputs e Outputs que são relevantes e adequados para avaliar a eficiência relativa da unidade produtiva;

Escolha do modelo, aplicação e análise dos resultados.

Por sua vez, Almeida, Mariano e Rebelatto (2006) menciona algumas características necessárias para cada uma dessas fases. Na primeira fase, o conjunto de DMUs devem ser homogêneas, isto é, realizar as mesmas tarefas, com os mesmos objetivos. Devem possuir a mesma utilização de entradas e saídas, diferenciando apenas na intensidade delas. Na segunda fase, diante dos recursos utilizados, para se comparar o que foi produzido com o que poderia ter sido gerado, a escolha de variáveis torna-se importante e deve ser feita a partir da literatura de suporte sobre as possibilidades de variáveis que possam favorecer a análise das DMUs. Essas variáveis devem possuir abrangência suficiente para discriminar a atuação do modelo DEA quanto às unidades avaliadas, ou seja, discriminar unidades eficientes das ineficientes. Por sua vez, na terceira fase tem-se a escolha de aplicação do modelo, buscando determinar propriedades implícitas dos retornos de escala, da geometria da superfície de envelopamento dos dados e as projeções de eficiência que representam o caminho das DMUs que foram classificadas como ineficientes até a fronteira de eficiência.

3.4. Comparação entre DEA x Análise de Regressão

Os métodos paramétricos, entre eles o plano de regressão simples, estabelece uma relação funcional pré-definida entre os recursos e o que foi produzido, usando médias para determinar o que poderia ter sido produzido (MELLO ET AL., 2005). Diferentemente, desses métodos, a DEA otimiza cada uma das observações, comparando uma em relação a outra, objetivando formar uma fronteira de eficiência. Percebe-se, então, que os métodos paramétricos são modelos de cálculos de eficiência que podem ser usados de forma a corroborar com os dados encontrados pelo método DEA.

Guerreiro (2006) menciona que essa fronteira de eficiência segue o conceito de Pareto-Koopmans, pelo nível máximo de produção para um determinado nível de insumo. Assim, esse mesmo autor aborda que:

“a eficiência fica caracterizada por um vetor input-output, sendo uma DMU eficiente se e somente se: nenhum dos outputs possa ser aumentado sem que algum input necessite ser aumentado, ou algum outro output seja reduzido. E nenhum dos inputs possa ser reduzido sem que algum input necessite ser aumentado, ou que algum outro output seja reduzido” (GUERREIRO, 2006, p. 53).

Azambuja (2002) menciona que a forma de análise pelo método DEA compreende um modelo matemático não paramétrico, que define pontos em uma superfície linear por partes baseado em observações que ficam no topo. Por sua vez, um plano de regressão linear tenta ajustar esses pontos com uma reta passando pelo centro dos dados. Na Fig. (21) a seguir tem-se uma comparação entre a análise de regressão linear e o método DEA e o Quadro (9) expõe alguns dos diversos problemas que podem surgir em situações para os dois métodos.

Quadro 8. COMPARAÇÃO ENTRE DEA E ANÁLISE DE REGRESSÃO

Problema	DEA	Regressão
Vários insumos e produtos	Simples	Complexo
Outliers ou observações não usuais	Sensível. Avaliação incorreta da eficiência	Não é sensível
Baixa correlação entre os fatores exploratórios	Todos os escores de eficiência tendem à unidade	Não há problema
Erro de medição	Altamente sensível	Sensível, mas em menor grau que o método DEA

Fonte: Adaptado de Vilela e Nagano (2004 apud Niederauer, 2002, p. 43).

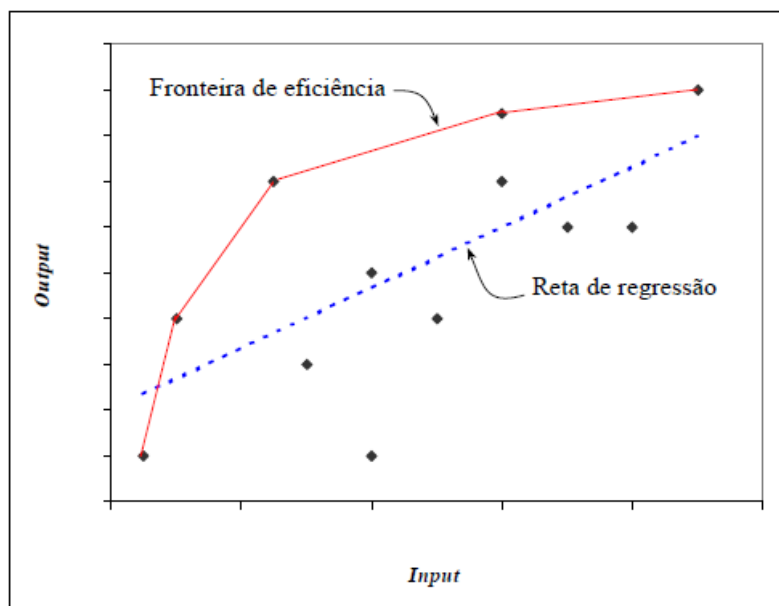


Figura 21. Análise de Regressão x DEA

Fonte: Adaptado de XXXVII SBPO como citado em Mello et al. (2005, p. 2525)

3.5. Benchmarking

Cavalcante e Faria (2009) cita benchmarking como sendo “um processo sistemático para a identificação da melhor prática, no ambiente externo ou interno, e para a modificação do conhecimento existente, de modo a alcançar um desempenho superior”. Assim, com o intuito de aprimorar o desempenho de uma unidade de decisão, um gestor pode tomar sua decisão baseada no desempenho de outra unidade, através da comparação dos mesmos parâmetros, que apresentou eficiência superior.

4. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

O propósito que norteou este estudo foi a aplicação da metodologia DEA como ferramenta de análise de eficiência relativa envolvendo o desempenho do consumo de energia elétrica nas agências do Banco do Brasil. Os dados obtidos constavam de relatórios que continham os registros das faturas mensais de energia elétrica das agências situadas no Distrito Federal por meio de critérios que possam subsidiar a análise do desempenho de um conjunto de 44 agências. Serão utilizados, além desses dados, outras informações disponibilizadas pelo Banco do Brasil referentes às características de cada dependência (quantidade de funcionários, metragem da agência, modelos de equipamentos de ar condicionado instalados na dependência). Esses valores disponibilizados são mensais e correspondem a dados compreendidos no período entre os anos de 2011 a 2015.

A instituição bancária a ser analisada possui aproximadamente 100 agências no Distrito Federal. Focado em uma amostra desse total de agências, que servirá de piloto para o restante das agências do Banco do Brasil do país, o objetivo da aplicação da metodologia DEA será a hierarquização das dependências com base no melhor desempenho do consumo de energia elétrica. Assim, faz-se necessário seguir alguns passos para consecução desse objetivo. Como abordado nos capítulos anteriores, para se estruturar um modelo baseado na Análise Envoltória de Dados os seguintes passos são de extrema importância:

- Definição das unidades a serem avaliadas;
- Definição das variáveis de avaliação (Inputs e Outputs), baseado nos parâmetros necessários para conservação de energia proposto pelo INMETRO (2015) e distribuição do consumo de energia elétrica em agências bancárias levantado pela Eletrobrás (2007), para mensurar a eficiência das dependências; e
- Escolha do modelo que deverá ser adotado bem como a sua orientação (CCR, BCC / Orientação a inputs ou outputs).

Diante desses passos, deu-se início à aplicação da metodologia DEA seguindo as etapas especificadas acima. A aplicação do método será dividido em dois estágios, conforme abaixo:

1º estágio: aplicação da metodologia para mensurar a eficiência relativa no consumo de energia elétrica (kWh) e das despesas com esse insumo, correlacionando essas variáveis com outras que impactam o nível de eficiência nas dependências avaliadas;

2º estágio: aplicação da metodologia para os Inputs parciais (consumo/despesa), objetivando mensurar e classificar as dependências correlacionando o nível de eficiência encontrado na variável dependente “consumo” com a variável “despesa”, afim de levantar o desempenho das dependências para identificar discrepâncias nos gastos com energia elétrica.

4.1. Etapa 1 – Definição das DMUs que farão parte da análise

A princípio foram escolhidas as agências do Banco do Brasil situadas no Distrito Federal, que totalizavam 54 dependências. As despesas de energia elétrica para esse grupo de agências são administradas pelo CSL – Centro de Serviços de Logística do Banco do Brasil. Para a escolha das DMUs finais que farão parte da análise, deve-se observar a homogeneidade entre elas. Quanto maior um grupo analisado, menos homogêneo acaba se tornando as informações presentes nesse grupo e quanto menor o grupo há a possibilidade de ocorrência de muitas dependências com eficiência máxima (PÉRICO et al., 2008). Desta forma, é de fundamental importância a escolha das DMUs de forma que a discriminação entre elas seja possível ser levantada na análise. Do total das 54 agências, 10 DMUs (16, 17, 33, 35, 36, 39, 49, 51, 52 e 54) correspondentes às agências Conjunto Nacional, Corporate, Liberty Mall, Paranoá, Pátio Brasil, SAAN, Sobradinho, Taguatinga Centro, Taguatinga Norte e Taguatinga Sul, não apresentavam valores na planilha de controle ou estas eram incoerentes com as características da dependência. Como mencionado por Mello et al. (2005) o método DEA é altamente sensível aos outliers, ou seja, dados inconsistentes, sejam por erros ou por outros fatores que possam gerar imprecisão nos valores, poderiam ter um alto grau de influência no resultado final das eficiências calculadas para as DMUs. Desta forma, essas dependências foram retiradas da amostra que comporá o grupo de DMUs analisadas pelo método DEA, restando para análise o quantitativo de 44 agências bancárias conforme representação a seguir:



Figura 22. Definição das Unidades a serem Avaliadas
Fonte: Elaborado pelo autor

4.2. Etapa 2 – Determinação dos Inputs e Outputs relevantes para mensuração da eficiência das DMUs:

Para a aplicação do método DEA é necessário atentar quais variáveis são mais relevantes para serem usadas como inputs e outputs. Ferreira e Gomes (2012) mencionam que uma grande quantidade de

variáveis podem gerar uma grande quantidade de DMUs consideradas eficientes. Desta forma, há a necessidade de escolher bem as variáveis de forma que o método possa ser bem modelado. Sousa (2008) cita que para o modelo ter um ajuste preciso é necessário que o número de DMUs (n) seja, no mínimo, duas vezes o número de inputs multiplicado pelo número de outputs.

A princípio, de acordo com as referências estudadas, as variáveis que mais teriam influencia no consumo final de energia elétrica estão relacionadas com a “Envoltória do Prédio”, “Iluminação” e “Condicionamento de ar” (INMETRO, 2015).

Gomes e Lins (2003) abordam os casos onde algumas variáveis são determinadas como output indesejáveis, ou seja, uma variável que representa algo que é produzido, mas pretende-se minimizar seu valor para que seja alcançada a eficiência das DMUs. Esse é um caso de output indesejável, e a solução é inverter o modelo para que essa variável seja tratada como um input. Assim, pode-se dizer que as variáveis que se pretende minimizar devem ser consideradas como inputs e, em caso contrário, usa-se como outputs. É o caso das variáveis apresentadas aqui para estudo. Mão de obra (funcionários), área útil do prédio da agência e equipamentos instalados são instrumentos de entrada, enquanto a quantidade consumida de energia juntamente com a despesa final gerada representam os produtos.

Desta forma, como pretende-se minimizar o consumo de energia e as despesas por ela gerada, fazendo os ajustes apenas para aplicação da metodologia DEA, as variáveis a serem usadas no estudo, baseados nos parâmetros de conservação de energia elétrica do INMETRO (2015) e na distribuição final do consumo de energia elétrica em edifícios comerciais elaborado pelo PROCEL-Eletrobrás (2007) abordados no referencial teórico, são:

Para o 1º Estágio do trabalho:

Tipo	Variável	Característica	Sigla
Input	- Consumo (kWh)	Quantidade média anual consumida de energia elétrica na dependência;	Input_1
	- Despesa (R\$)	Despesa gerada com o uso final de energia elétrica na dependência;	Input_2
Output	- Área útil da Agência (m²)	Metragem da envoltória do prédio da DMU estudada que demanda energia para seu funcionamento (lâmpadas, tomadas, etc). Vai de encontro com o item “envoltória do edifício” pré-requisito de conservação de energia usado no modelo de etiquetagem do INMETRO;	Output_1
	- Quantidade de Funcionários	Quantidade de funcionários que fazem uso final de energia elétrica na dependência com equipamentos (computadores, equipamentos de escritório, etc). Baseado nos itens de conservação de energia “envoltória do edifício” e “ar condicionado” que são pré-requisitos no modelo de etiquetagem do INMETRO e da distribuição do consumo de energia	Output_2

		elétrica em edifícios comerciais levantados pelo Procel-Eletróbrás, ou seja, quanto mais pessoas em um edifício, maior o trabalho dos equipamentos de ar condicionado e dos equipamentos de escritório;	
	- Capacidade Frigorífica Total	Capacidade total dos aparelhos de ar condicionado instalados na agência que demandam energia elétrica para o seu funcionamento. Abarcado pelo item “condicionamento de ar” que é pré-requisito de conservação de energia usado no modelo de etiquetagem do INMETRO e na distribuição do consumo de energia elétrica levantado pelo Procel-Eletróbrás em edifícios comerciais;	Output_3

Para o 2º Estágio do trabalho:

Tipo	Variável	Característica
Input	- Despesa (R\$)	Gasto médio anual com energia elétrica para cada DMU;
Output	- Consumo de Energia Elétrica (kWh)	Quantidade média consumida de energia elétrica anual na dependência.

Assim, como o objetivo é minimizar as despesas com o consumo de energia elétrica, a variável “Despesa (Gastos em R\$)” foi utilizada como Input no segundo estágio, o mesmo procedimento adotado no 1º estágio para a variável “Consumo de Energia Elétrica (KWh)” que tinha como objetivo ter sua quantidade também reduzida para que se alcançasse a eficiência das DMUs. Abaixo segue a representação desse processo produtivo:

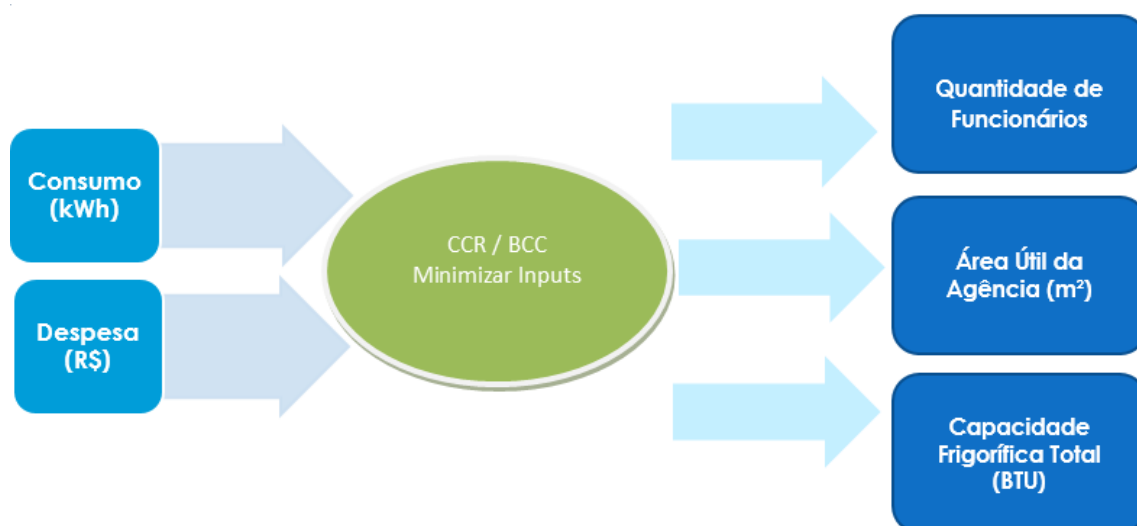


Figura 23. Representação do Modelo Produtivo

Fonte: Elaborado pelo autor

A definição final das variáveis a serem utilizadas no método DEA foi baseado no estudo de correlação entre as variáveis conforme demonstrado na Tab. (6):

Tabela 6. ESTUDO DE CORRELAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE DESEMPENHO

		Input_1	Input_2	Output_1	Output_2	Output_3
2011	Input_1	1	0,976903465	0,803342883	0,438252095	0,813017
	Input_2	0,976903465	1	0,800012638	0,443399397	0,81015
	Output_1	0,803342883	0,800012638	1	0,706753303	0,841747
	Output_2	0,438252095	0,443399397	0,706753303	1	0,532473
	Output_3	0,813016951	0,810150452	0,841747087	0,532472578	1

		Input_1	Input_2	Output_1	Output_2	Output_3
2012	Input_1	1	0,927854215	0,576588969	0,312506681	0,694657
	Input_2	0,927854215	1	0,533793457	0,267885356	0,661757
	Output_1	0,576588969	0,533793457	1	0,703289501	0,841936
	Output_2	0,312506681	0,267885356	0,703289501	1	0,615062
	Output_3	0,69465663	0,66175743	0,841935923	0,615061724	1

		Input_1	Input_2	Output_1	Output_2	Output_3
2013	Input_1	1	0,990234436	0,711061024	0,396674849	0,791659
	Input_2	0,990234436	1	0,681644155	0,383946595	0,782095
	Output_1	0,711061024	0,681644155	1	0,71514751	0,841936
	Output_2	0,396674849	0,383946595	0,71514751	1	0,606801
	Output_3	0,791658695	0,782094741	0,841935923	0,60680146	1

		Input_1	Input_2	Output_1	Output_2	Output_3
2014	Input_1	1	0,97200665	0,804813153	0,409263687	0,796227
	Input_2	0,97200665	1	0,719785102	0,363538166	0,732038
	Output_1	0,804813153	0,719785102	1	0,717718873	0,841747
	Output_2	0,409263687	0,363538166	0,717718873	1	0,576617
	Output_3	0,796226504	0,732038079	0,841747087	0,576617292	1

		Input_1	Input_2	Output_1	Output_2	Output_3
2015	Input_1	1	0,976903465	0,803342883	0,438252095	0,813017
	Input_2	0,976903465	1	0,800012638	0,443399397	0,81015
	Output_1	0,803342883	0,800012638	1	0,706753303	0,841747
	Output_2	0,438252095	0,443399397	0,706753303	1	0,532473
	Output_3	0,813016951	0,810150452	0,841747087	0,532472578	1

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme apresentado nas Tabelas (06) acima, o que se conclui é que há uma correlação forte entre os Inputs (Consumo x Despesa), que revela que essas variáveis tem praticamente o mesmo peso sobre

o resultado da análise de eficiência. Entre os outputs, o par mais correlacionado foi entre a variável “Metragem da agência (Output_1)” e a variável “Capacidade Frigorífica de ar condicionado (Output_3)”, ou seja, a exclusão de qualquer uma dessas duas variáveis trariam pouca alteração no resultado final de eficiência das DMUs. Já para a relação entre Input x Output, as variáveis que se apresentaram mais correlacionadas foram, para o Input_1 “Metragem da Agência (Output_01)” e “Capacidade Frigorífica (Output_3), ou seja, um aumento/diminuição da capacidade dos aparelhos de ar condicionado ou da metragem da agência traria um forte impacto na variável relacionada ao consumo energético ou na despesa final da agência. A variável de saída que apresentou menor correlação nos anos estudados foi o output_2 “Quantidade de funcionários”, sendo essa variável que menor influencia o desempenho de eficiência das dependências.

Antes de excluir qualquer variável, para se chegar à conclusão final de quais poderiam compor o estudo, foi rodado o programa com os dados do ano de 2011, começando com apenas uma variável de output e acrescentando as demais para verificar a influência delas na eficiência média das DMUs. A conclusão que se chega é que o acréscimo de cada variável de saída acarreta o aumento da eficiência média das DMUs, desta forma, tendo todas um alto grau de importância para o desempenho final na análise de eficiência relativa das DMUs, conforme observado na Tab. (7) a seguir:

Tabela 7. MENSURAÇÃO DE EFICIÊNCIA MÉDIA PARA CADA VARIÁVEL DE SAÍDA

		1 Variável de Saída	2 Variáveis de Saída	3 Variáveis de Saída
Eficiência Média	2011	18,14%	26,22%	30,35%
	2012	13,23%	26,85%	30,46%
	2013	16,80%	24,55%	24,69%
	2014	21,00%	30,25%	32,92%
	2015	21,24%	30,66%	32,98%

Fonte: **Elaborado pelo autor**

4.3. 3ª Etapa: Escolha do Modelo

O trabalho foi aplicado utilizando os dois modelos DEA-CCR (retorno constante de escala) e DEA-BCC (retorno variável de escala) para fins de comparação do nível de eficiência dos dois modelos. No entanto, tanto para o estudo do 1º Estágio como para o 2º Estágio, para fins de análise final, o modelo escolhido foi o DEA-BCC orientado a inputs, pois há uma diferença de escala entre as DMUs. E como o objetivo do trabalho é mensurar a eficiência das DMUs buscando a minimização dos recursos ou insumos, este modelo foi o que melhor se adequou para esse propósito. A aplicação, análise e resultado

do modelo foram delineados com o software EMS (Efficiency Measurement System) Versão 1.3. A Fig. (24) abaixo representa o template da tela inicial do programa.

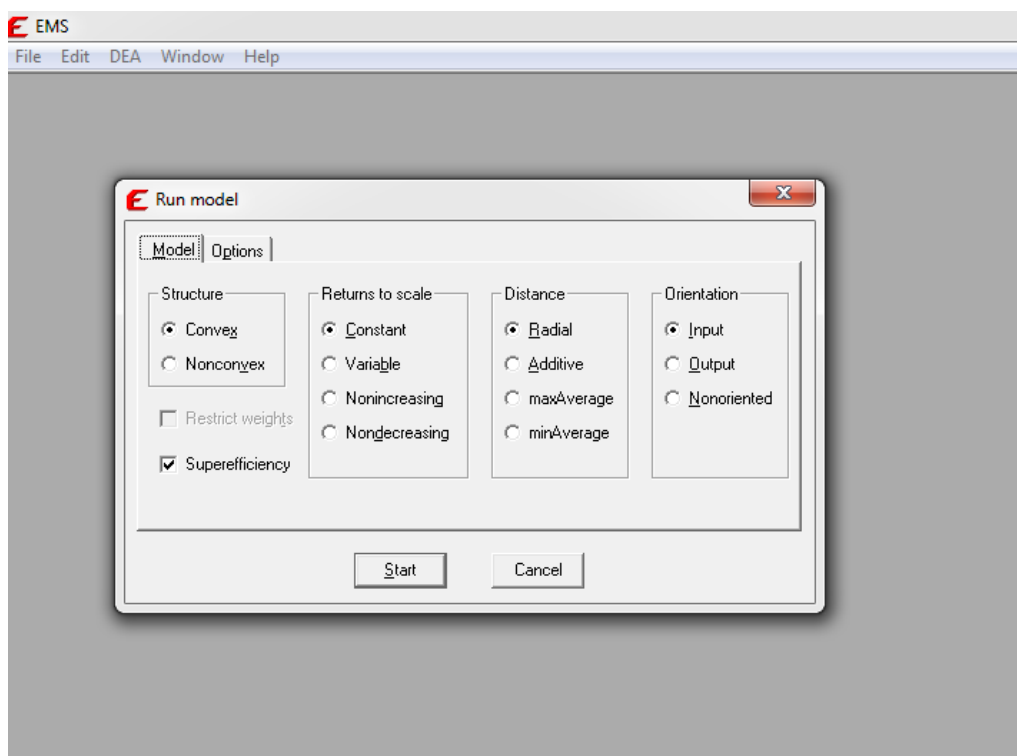


Figura 24. Template do Software EMS (Efficiency Measurement System)

Fonte: o autor

De início, para calcular a eficiência utilizando esse software, faz-se necessário preparar o documento tipo “txt” com as informações do problema em estudo. Os requisitos necessários no documento são que a primeira linha tenha o acréscimo de {I} para os inputs e {O} para os outputs, como a seguir:

DMU Input_1 {I} Input_2 {I} Output_1 {I} Output_2 {I} Output_3 {I}

O texto então é carregado com a matriz de variáveis das colunas dos insumos e produtos e das linhas, que incluem as DMUs analisadas.

Esse programa representa um sistema de medição de desempenho computando as medidas de eficiência para a Análise Envoltória de Dados (SCHEEL, 2015). Esse pacote computacional realiza a análise e apresenta os resultados de acordo com o modelo escolhido. Para os dois estágios do trabalho o programa foi rodado, conforme a figura acima, com as seguintes especificações:

- Quanto à estrutura: **Convexo**
- Quanto ao retorno de escala: **Variável**
- Quanto à distância: **Radial**
- Quanto à orientação: **Input**

A opção “Supereficiência” foi utilizada para identificar as DMUs que apresentavam desempenho muito superior às demais. Desta forma, serviu de subsídio para excluir as DMUs que se apresentavam como Outliers para o modelo devido à inconsistência nos dados apresentados.

Os valores médios anuais referentes aos meses de 2011 a 2015 (Apêndice 1 a 5) foram inseridos separadamente no software, o que proporcionou análises individuais de cada DMU para cada ano estudado, bem como a comparação dessas DMUs ao longo desses anos.

5. RESULTADOS E ANÁLISE

Pode-se considerar como resultado global a avaliação conjunta de todas as DMUs estudadas. Os resultados obtidos serão analisados focando-se nas perspectivas abaixo:

- Dos desempenhos anuais obtidos por cada DMU;
- Dos pesos atribuídos a cada variável;
- Das DMUs que serviram de benchmarking para as DMUs ineficientes;
- Dos alvos projetados para cada DMU;
- Da análise de desempenho médio das eficiências anuais objetivando sugestões para melhorias futuras.

5.1. 1º Estágio do Trabalho

5.1.1. Informações da Amostra das DMUs

As agências levantadas para compor o conjunto de DMUs estão todas localizadas no Distrito Federal e são classificadas como de varejo, ou seja, realizam transações diretamente com o público – pessoa física. Destacamos que, inicialmente, existia uma população de aproximadamente 70 agências, contudo, devido a inexistência de informações ou imprecisão destas, essas agências foram desconsideradas chegando a um final de 44 dependências.

Para esse rol de DMUs foram realizadas duas regressões, uma para cada Input (Consumo e Despesa) relacionando-as com as variáveis de Outputs. A tabela com os valores dessas variáveis para o estudo de eficiência e para a análise de regressão constam dos Apêndices (1) e (5) cujos valores representam a média dos cinco anos estudados. As Tab. (8) e (9) a seguir representam as estatísticas para essas variáveis levando em consideração duas vertentes: Variável do Input_1 (Eficiência Variável Consumo) e Variável do Input_2 (Eficiência Variável Despesa).

Tabela 8. Estatística de Regressão (Eficiência variável “Consumo”)

	<i>Coeficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>
Interseção	7334,313528	1126,585056	6,510217307	9,07168E-08
Metragem da Agência (m ²)	3,467053636	1,428950212	2,426294217	0,019855198
Quantidade de Funcionários	-66,09433452	30,80424557	-2,145624192	0,038025808
Capacidade Frigorífica (BTU)	0,008991676	0,002481514	3,623464384	0,000810761

$R^2 = 0,697375483$

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 9.: Estatística de Regressão (Eficiência variável “Despesa”)

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>
Interseção	3264,819786	435,2835864	7,500443131	3,8048E-09
Metragem da Agência (m²)	1,195332697	0,552109732	2,165027399	0,036408016
Quantidade de Funcionários	-24,82226786	11,90197085	-2,085559457	0,04344273
Capacidade Frigorífica (BTU)	0,003428834	0,000958793	3,576197241	0,000929771

$R^2 = 0,672454676$

Fonte: Elaborado pelo autor

A conclusão que se chega é com o sinais dos coeficientes das variáveis. A variável metragem da agência e capacidade frigorífica tiveram sinais positivos, isso aponta que um aumento nos valores dessas variáveis traria um aumento na eficiência relacionada tanto com as despesas como com o consumo. Em relação à quantidade de funcionários, o sinal do coeficiente foi negativo, isso aponta que uma diminuição na quantidade de funcionários traria um aumento na eficiência. Ou seja, uma agência com uma metragem grande, com grande capacidade frigorífica e com pouca quantidade de funcionários apresenta-se com um melhor rendimento no nível de eficiência.

5.1.2. Escores de Eficiência

Baseado na metodologia apresentada com a utilização do Software EMS, foram calculados a eficiência relativa utilizando o modelo DEA-CCR e DEA-BBC, ambos orientados ao Input. Assim, chegou-se às eficiências para os anos de 2011 à 2015 e a respectiva média desses anos conforme Apêndice (6) e (7). A Tabela (10) e (11) apresentam as 10 primeiras e 10 últimas DMUs no ranking final de classificação:

Tabela 10. Ranking de Eficiência DEA-CCR

DMU	Eficiência 2011	Eficiência 2012	Eficiência 2013	Eficiência 2014	Eficiência 2015	Média	Ranking
DMU22	100%	100%	100%	100%	67%	93%	1º
DMU5	63%	100%	100%	98%	97%	92%	2º
DMU4	58%	100%	100%	93%	100%	90%	3º
DMU21	59%	100%	100%	76%	100%	87%	4º
DMU20	44%	100%	60%	75%	100%	76%	5º
DMU10	42%	77%	70%	88%	100%	75%	6º
DMU41	39%	100%	82%	72%	79%	74%	7º
DMU27	36%	74%	77%	80%	89%	71%	8º
DMU19	33%	63%	71%	77%	99%	69%	9º
DMU34	39%	72%	65%	53%	54%	56%	10º

DMU32	21%	33%	33%	38%	44%	34%	35º
DMU44	22%	36%	36%	34%	42%	34%	36º
DMU28	17%	33%	32%	32%	42%	31%	37º
DMU13	15%	37%	31%	31%	39%	31%	38º
DMU30	17%	28%	31%	31%	39%	29%	39º
DMU26	15%	25%	24%	30%	49%	28%	40º
DMU46	18%	25%	31%	28%	37%	28%	41º
DMU3	17%	33%	28%	29%	31%	28%	42º
DMU40	14%	24%	23%	22%	29%	22%	43º
DMU23	8%	20%	14%	17%	25%	17%	44º

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 11. Ranking de Eficiência DEA-BCC

DMU	Eficiência 2011	Eficiência 2012	Eficiência 2013	Eficiência 2014	Eficiência 2015	Média	Ranking
DMU4	100%	100%	100%	100%	100%	100%	1º
DMU5	100%	100%	100%	100%	100%	100%	2º
DMU10	97%	77%	100%	100%	100%	95%	3º
DMU22	100%	100%	100%	100%	67%	93%	4º
DMU41	73%	100%	100%	78%	93%	89%	5º
DMU21	65%	100%	90%	84%	100%	88%	6º
DMU20	62%	100%	68%	77%	100%	81%	7º
DMU31	35%	98%	72%	100%	94%	80%	8º
DMU27	36%	100%	80%	81%	100%	79%	9º
DMU19	40%	74%	73%	80%	100%	73%	10º

DMU32	30%	41%	37%	40%	55%	40%	35º
DMU29	21%	48%	39%	37%	52%	40%	36º
DMU44	27%	45%	38%	34%	51%	39%	37º
DMU3	23%	50%	39%	40%	44%	39%	38º
DMU25	29%	41%	37%	40%	46%	39%	39º
DMU28	25%	37%	36%	33%	44%	35%	40º
DMU30	17%	40%	32%	31%	44%	33%	41º
DMU26	21%	28%	27%	31%	55%	32%	42º
DMU46	23%	31%	31%	30%	39%	31%	43º
DMU40	17%	28%	25%	23%	32%	25%	44º

Fonte: Elaborado pelo autor

O modelo construído estimou a eficiência relativa de 44 agências bancárias no consumo de energia elétrica. Observa-se que tanto para o modelo DEA-CCR e DEA-BCC o grupo das 10 melhores dependências em eficiência energética correspondem às mesmas DMUs, tendo pouca variação em suas classificações. No entanto, no grupo das 10 piores DMUs não houve essa mesma característica. Um exemplo é a DMU 23 que ficou na última colocação no modelo DEA-CCR, no entanto, não aparecendo no grupo das 10 piores no modelo DEA-BCC. Já em relação a eficiência média dos modelos apresentados, o modelo DEA-BCC apresenta uma eficiência média das DMUs dos anos de 2011 a 2015 superior ao modelo DEA-CCR, conforme evidenciado na Fig. (25) a seguir:

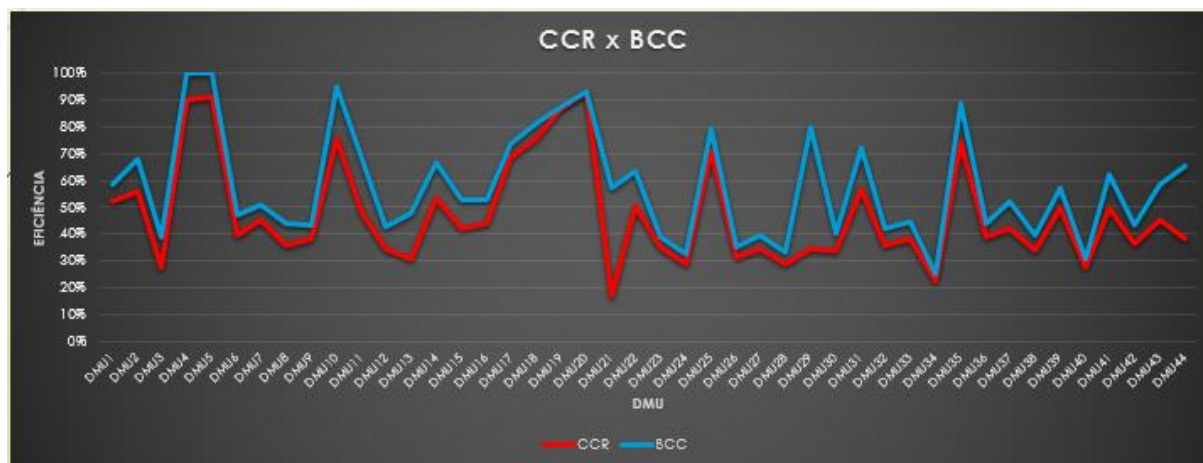


Figura 25. Resultado Eficiência Média DEA-CCR x DEA-BCC

Fonte: Elaborado pelo autor

Essa eficiência média do modelo DEA-BCC superior ao modelo DEA-CCR pode ser explicado devido a característica do primeiro trazer uma eficiência total enquanto o segundo refere-se a uma eficiência técnica. No modelo DEA-CCR há uma proporção no retorno à escala, ou seja, um aumento o diminuição nas variáveis do output traria uma diminuição/aumento proporcional nos inputs. Já o modelo DEA-BCC o retorno à escala é variável, isto é, apresenta um maior envelopamento das DMUs sem a exigência de proporcionalidade entre Inputs/Outputs, como consequência temos um aumento nas eficiências médias das DMUs em comparação com o modelo DEA-CCR o que o torna a eficiência relativa média do modelo DEA-BCC sempre maior que a eficiência média do modelo DEA-CCR. Isso pode ser bem visualizado na Fig. (26) a seguir:

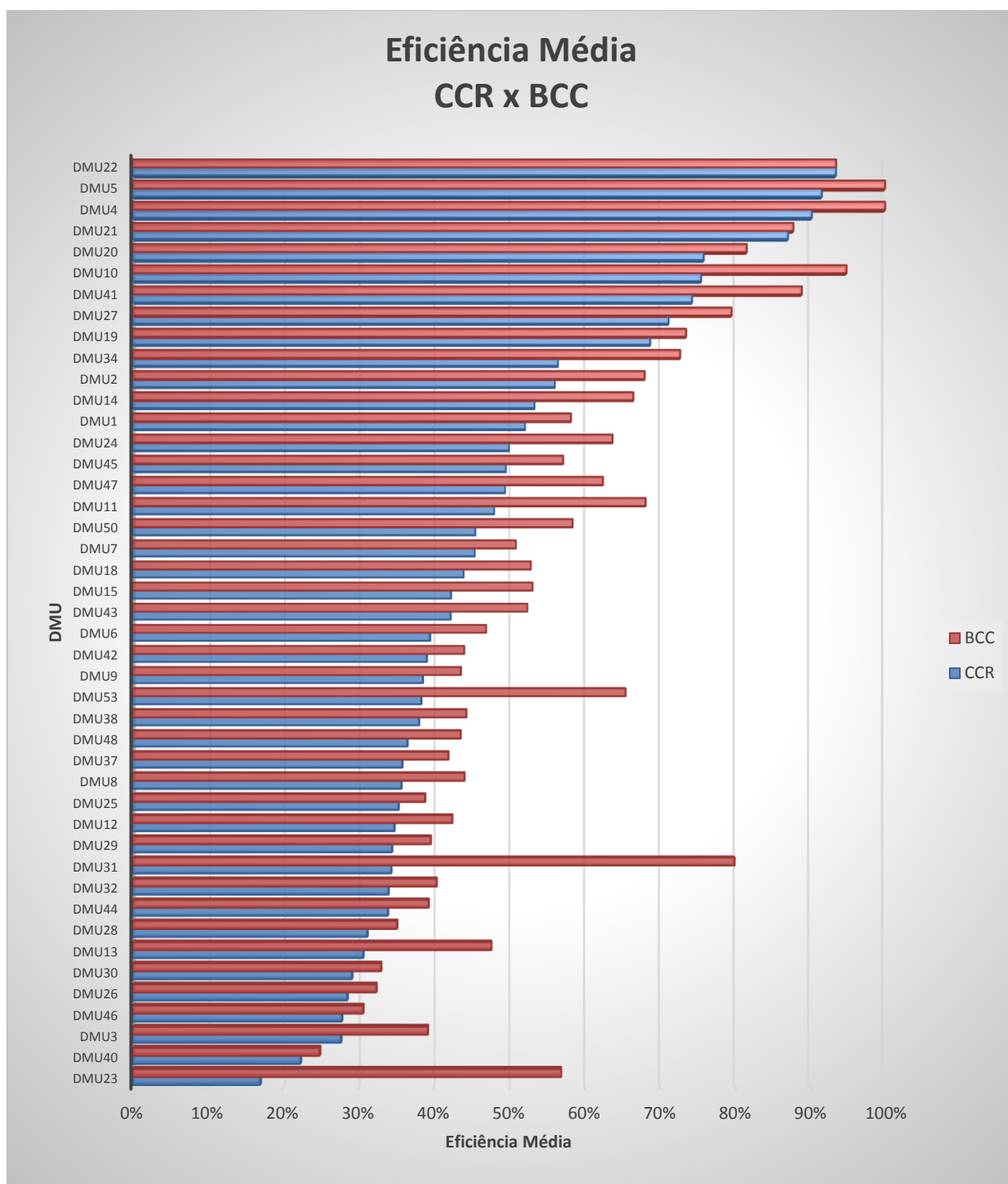


Figura 26. Classificação das Agência Conforme seu Nível de Eficiência Relativa Média
Fonte: Elaborado pelo autor

Em relação às estatísticas da eficiência média de cada modelo, observa-se uma quantidade maior de DMUs com eficiências acima de 50% no modelo DEA-BCC em relação ao modelo DEA-CCR (Tab. 12 e 13). Outra observação é referente a quantidade de DMUs 100% eficientes. No modelo DEA-BCC há duas DMUs com médias de eficiência de 100% para os anos de 2011 à 2015. Já o modelo DEA-CCR não há nenhuma DMU com a média, entre os anos de 2011 a 2015, 100% eficientes. Embora as DMUs

tenham alcançado 100% de eficiência no modelo DEA-BCC, no modelo DEA-CCR elas obtiveram baixas eficiências no ano de 2011, o que ocasionou a redução na média da eficiência dessas DMUs.

Tabela 12. Estatísticas do modelo DEA-CCR

	ANO					
	2011	2012	2013	2014	2015	Média
Eficiência Média	29,56%	51,35%	49,43%	49,84%	56,57%	47,35%
Desvio Padrão	15,85%	23,20%	21,88%	20,40%	20,86%	19,34%
Variância	0,0251	0,0538	0,0479	0,0416	0,0435	0,0374
Mínimo	8,14%	20,12%	14,34%	16,97%	24,99%	16,91%
Q1	20,80%	34,13%	35,48%	35,43%	41,94%	34,40%
Mediana	26,33%	43,47%	39,55%	45,48%	53,17%	40,83%
Q3	33,10%	57,19%	63,19%	58,05%	62,35%	54,01%
Máximo	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	93,42%
Nº de DMUs Eficientes	1	6	4	1	4	0
DMUs Eficiência > 50%	4	17	16	16	23	13

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 13. Estatísticas do modelo DEA-BCC

	ANO					
	2011	2012	2013	2014	2015	Média
Eficiência Média	47,65%	60,87%	58,63%	57,09%	64,07%	57,66%
Desvio Padrão	24,75%	21,99%	22,21%	21,57%	19,81%	19,97%
Variância	0,0612	0,0484	0,0493	0,0465	0,0392	0,0399
Mínimo	17,02%	28,23%	24,58%	22,63%	31,55%	24,82%
Q1	28,39%	46,04%	39,09%	39,85%	51,26%	42,31%
Mediana	37,89%	53,72%	50,01%	52,20%	57,76%	52,98%
Q3	61,31%	73,52%	72,39%	69,19%	72,50%	69,24%
Máximo	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Nº de DMUs Eficientes	4	7	5	5	7	2
DMUs Eficiência > 50%	17	26	22	23	34	25

Fonte: Elaborado pelo autor

Nas Fig. (27) e (28) é apresentado o agrupamento das agências de acordo com sua eficiência. No eixo das abscisas (X) há a representação do grupos de eficiências enquanto o eixo das ordenadas (Y) temos as frequências de DMUs por grupos de eficiências. No modelo DEA-CCR dá para observar uma distribuição maior de DMUs localizadas na nível de eficiência entre 20% e 60%, tendo uma grande incidência no bloco entre 30% e 40%. Já no modelo DEA-BCC (Fig. 28) o nível de eficiência está mais distribuído entre o nível de 30% a 100%.

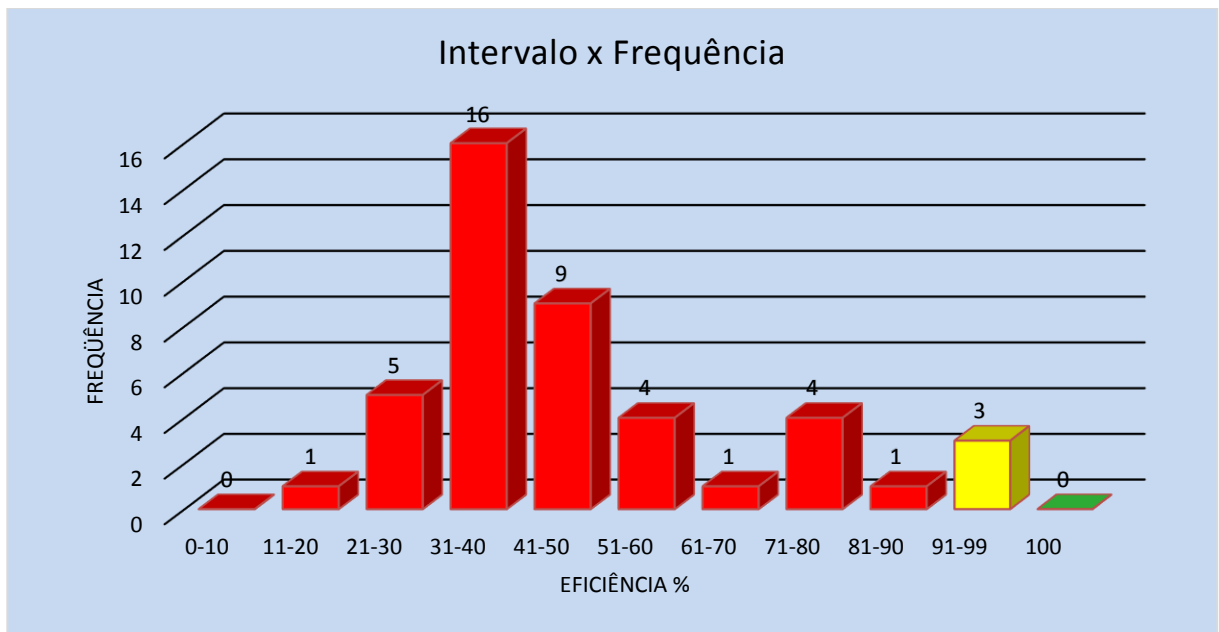


Figura 27. Frequencia de Distribuição de Eficiências das DMUs (DEA-CCR)
Fonte: Elaborado pelo autor

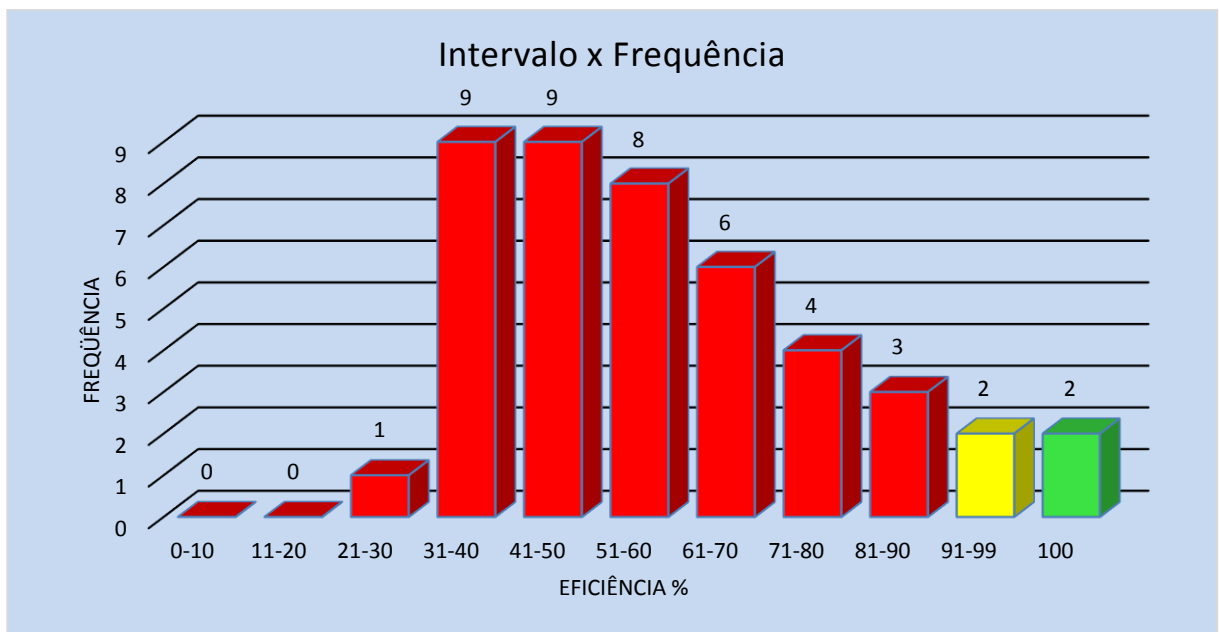


Figura 28. Frequencia de Distribuição de Eficiências das DMUs (DEA-BCC)
Fonte: Elaborado pelo autor

Diante das opções da metodologia DEA, o modelo que mais se encaixa no objetivo deste trabalho é o modelo BCC orientado aos Inputs, haja visto o objetivo ser avaliar a eficiência no consumo de energia elétrica considerando algumas variáveis de outputs, ou seja, pretende-se melhores resultados possíveis com a redução dos valores dos Inputs.

No caso de múltiplos insumos e produtos como, no caso de terminais de contêineres, extensão de cais, número de acessos, tipo de carga movimentada, entre outros, o índice de eficiência pode ser representado da seguinte forma:

Graficamente, as duas agências eficientes estão projetadas sobre as demais formando a fronteira eficiente. No caso de múltiplos insumos e produtos, como exemplo as variáveis deste trabalho que são usados dois inputs e três outputs, a fronteira deveria ser projetada em cinco dimensões, mas para fins de visualização foram convertidas para um plano de duas dimensões, utilizando-se a soma ponderada dos outputs com a soma ponderada dos inputs, sendo o índice de eficiência representado da seguinte forma:

$$Eficiência = \frac{Soma\ ponderada\ dos\ produtos}{Soma\ ponderada\ dos\ insumos}$$

Na representação gráfica o eixo das abscissas é representado pela soma ponderada dos Inputs virtuais e no eixo das ordenadas tem-se a soma ponderada dos Outputs virtuais. Essa fronteira de eficiência está demonstrada na Fig. (29) a seguir:

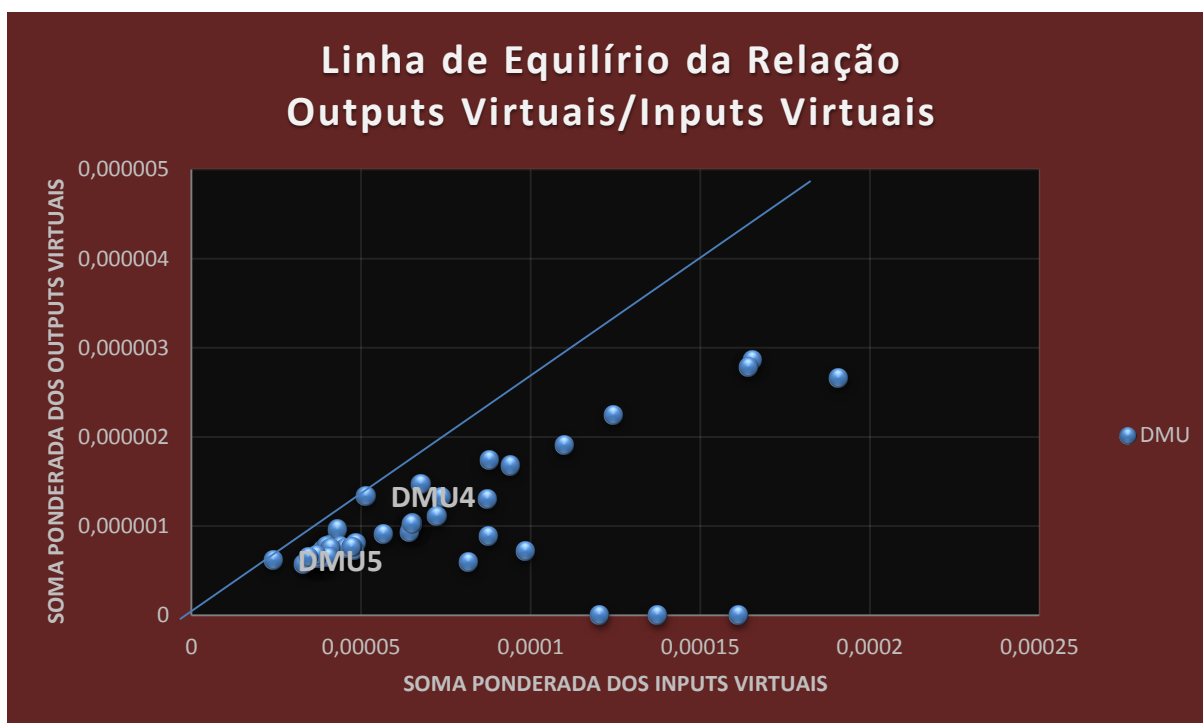


Figura 29. Fronteira de Eficiência (Outputs/Inputs Virtuais)

Fonte: Elaborado pelo autor

Nesse gráfico as DMUs que melhor conseguiram minimizar a relação Y/X foram as DMUs 4 e 5. Para que as outras DMUs possam melhorar sua eficiência, devem ter seus valores de inputs ajustados de tal forma que possa ocasionar um deslocamento no sentido do eixo das ordenadas (Inputs Virtuais).

Cabe notar que quanto mais próximo os pontos estão da origem, menores são os valores das variáveis dessa DMU, ou seja, quanto mais próximo do eixo das abscissas ou das ordenadas está um ponto, menor

o valor da sua variável e quanto mais longe de um desses eixos está uma DMU, maior será o valor da variável ligada a esse atributo.

5.1.3. Pesos atribuídos pelo modelo às variáveis

Em relação aos pesos atribuídos pelo modelo DEA às variáveis, que pode ser observado no Apêndice (11) para o ano de 2015, nota-se uma grande quantidade de pesos zeros atribuídos pelo software, principalmente para o Output 2 (Quantidade de funcionários), o que representa que o programa desconsiderou essa variável para que pudesse determinar a eficiência máxima de cada DMU para os cinco períodos estudados. Já nas variáveis dos Inputs o modelo alternou peso zero para as duas variáveis analisadas. Ou seja, para cada DMU o software considerou apenas um Input no cálculo de eficiência. Isso pode ser explicado, como já mencionado anteriormente, à forte correlação entre essas duas variáveis, o que determina que ambas tem o mesmo grau de importância para determinação da eficiência da DMU. Mello et al (2005) apresenta algumas soluções que podem contornar a atribuição de pesos zeros às variáveis. Uma delas é a restrição aos pesos dos multiplicadores, no entanto, nenhuma técnica adicional foi incorporada no modelo deste estudo.

5.1.4. Benchmarking e Metas para Melhoria

Na Tabela (14) e Figura (30), os resultados do modelo (benchmarks) para as dependências mostram que a DMU22 (Agência Estilo Tribunais) foi a que apareceu mais vezes como referência de melhoria das demais DMUs (32 vezes em média). As Asa Norte 504, Empres. Distr. Federal e Governo Federal também foram referenciadas como modelo a ser seguido pelas unidades ineficientes. Apesar da DMU11 e DMU21 ter tido 100% de eficiência, elas foram pouco referenciadas como padrão de melhoria para as outras DMUs, o que supõe uma fraca eficiência.

Tabela 14. Frequência de Benchmarking Anual das DMUs de Referências

DMU	Agência	Ano					
		2011	2012	2013	2014	2015	Média
DMU4	ASA NORTE 201	1	4	10	10	17	8
DMU5	ASA NORTE 504	33	37	25	16	1	22
DMU10	ASA SUL 507	-	-	5	24	24	18
DMU11	ASA SUL 516	1	-	-	-	-	1
DMU19	EMPRES.DISTR.FEDERAL	-	-	-	-	26	26
DMU20	ESTILO ASA NORTE	-	19	-	-	16	18
DMU21	ESTILO P.REPUBLICA	-	-	-	-	2	2
DMU22	ESTILO TRIBUNAIS	41	9	39	40	-	32
DMU27	GOVERNO FEDERAL	-	-	-	-	24	24
DMU31	LAGO NORTE	-	-	-	8	-	8
DMU41	SAO SEBASTIAO-DF	-	11	13	-	-	12

Fonte: Elaborado pelo autor

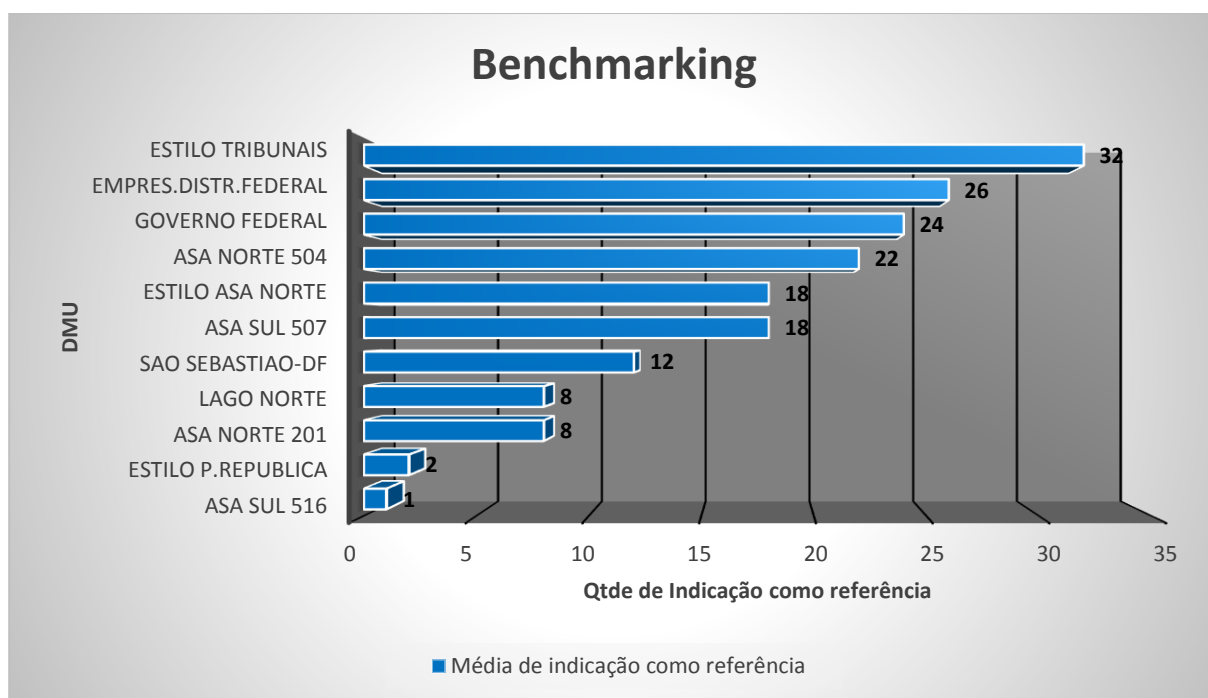


Figura 30. Benchmarking das DMUs

Fonte: Elaborado pelo autor

Em relação aos alvos a serem projetados, seu objetivo é mostrar para o tomador de decisão quais são as fontes de ineficiência de cada DMU de tal forma que medidas possam ser tomadas para que seja possível a busca da eficiência. Um exemplo é a DMU40 (Agência Samambaia) que apresentou eficiência de 24,82%. O benchmarking para essa DMU aponta um alvo para redução de 76% no consumo de energia elétrica ou 75% de redução para as despesas para que possa ser alcançada a eficiência máxima dessa DMU.

Como o objetivo do trabalho é alcançar um ponto ótimo no consumo de energia elétrica, então as variáveis que devem sofrer ajuste são o Consumo e Despesa. A Tabela 15 apresenta os valores atuais de cada agência e a meta a ser buscada para que os percentuais de redução no consumo de energia elétrica que cada DMU deve realizar projetem elas à fronteira de eficiência.

Tabela 15. Metas para melhoria nas dependências

		Situação Atual		Meta		Variação		Impacto Financeiro Mensal (Economia Mensal)
Agência	Eficiência	Consumo kWh	Despesa R\$	Consumo kWh	Despesa R\$	Consumo kWh	Despesa R\$	
ASA NORTE 201	100,00%	13.704	5.675,50	13.704	5.675,80	-	-	-
ASA NORTE 504	100,00%	30.172	11.090,29	30.172	11.090,20	-	-	-
ASA SUL 507	94,83%	18.948	7.367,42	16.193	6.505,74	-14,54%	-11,70%	861,68
ESTILO TRIBUNAIS	93,44%	4.127	1.913,86	3.642	1.570,46	-11,75%	-17,94%	343,40
SAO SEBASTIAO-DF	88,85%	7.422	3.198,08	6.253	2.604,14	-15,75%	-18,57%	593,94
ESTILO P.REPUBLICA	87,71%	3.617	1.619,20	3.287	1.453,29	-9,15%	-10,25%	165,90
ESTILO ASA NORTE	81,50%	5.551	2.485,93	4.355	1.912,94	-21,54%	-23,05%	572,99
LAGO NORTE	79,89%	4.334	1.864,12	2.760	1.299,76	-36,31%	-30,27%	564,36
GOVERNO FEDERAL	79,49%	4.257	1.825,56	3.287	1.411,01	-22,79%	-22,71%	414,54
EMPRES.DISTR.FEDERAL	73,46%	6.161	2.920,51	4.465	1.821,74	-27,53%	-37,62%	1.098,77
NUCLEO BANDEIRANTE	72,68%	17.215	7.106,47	11.198	4.545,53	-34,95%	-36,04%	2.560,94
ASA SUL 516	68,09%	18.776	7.357,31	11.750	4.653,05	-37,42%	-36,76%	2.704,26
AGUAS CLARAS	67,97%	9.354	4.199,94	6.055	2.546,12	-35,27%	-39,38%	1.653,83
CEILANDIA CENTRO	66,46%	16.955	8.054,63	9.281	3.778,07	-45,26%	-53,09%	4.276,55
VILA MILITAR	65,43%	5.079	2.188,33	2.893	1.325,04	-43,04%	-39,45%	863,29
GAMA CENTRO	63,70%	16.031	6.704,77	9.393	3.847,85	-41,41%	-42,61%	2.856,93
SIA TRECHO 2	62,43%	19.354	7.734,92	10.842	4.422,21	-43,98%	-42,83%	3.312,72
SUDOESTE 105	58,41%	20.601	8.309,24	10.916	4.410,21	-47,01%	-46,92%	3.899,03
5JUNHO-TAGUATINGA	58,19%	17.796	6.703,77	9.995	3.882,33	-43,84%	-42,09%	2.821,45
SETOR RADIO E TV SUL	57,15%	7.677	3.696,90	4.263	1.865,87	-44,46%	-49,53%	1.831,04
FAB-6.COM A R	56,89%	5.785	2.514,25	2.663	1.260,30	-53,96%	-49,87%	1.253,94
CEILANDIA NORTE	53,09%	18.966	7.375,83	8.538	3.486,16	-54,98%	-52,74%	3.889,68
CRUZEIRO-DF	52,87%	14.881	5.690,45	7.040	2.883,61	-52,69%	-49,33%	2.806,84
SETOR COMERCIAL SUL	52,40%	21.772	8.280,24	10.097	4.102,05	-53,62%	-50,46%	4.178,19
ASA SUL 203	50,87%	7.962	3.491,72	4.029	1.735,61	-49,39%	-50,29%	1.756,12
BRAZILANDIA	47,63%	7.024	3.115,10	2.941	1.334,96	-58,13%	-57,15%	1.780,14
ASA NORTE 510	46,91%	10.878	4.437,09	4.881	2.036,25	-55,13%	-54,11%	2.400,84
RIACHO FUNDO	44,30%	9.645	4.136,72	4.123	1.791,13	-57,25%	-56,70%	2.345,59
ASA SUL 406	44,04%	18.309	7.595,73	7.543	3.090,85	-58,80%	-59,31%	4.504,88
SERRANA-SOBRADINHO	44,00%	10.982	4.537,30	4.733	1.973,84	-56,90%	-56,50%	2.563,45
ASA SUL 502	43,56%	16.505	6.600,74	7.050	2.896,53	-57,29%	-56,12%	3.704,21
SIA TRECHO 3	43,54%	14.865	6.226,40	6.114	2.519,99	-58,87%	-59,53%	3.706,41
BRASILIA SHOPPING	42,44%	7.994	3.404,03	3.225	1.390,42	-59,65%	-59,15%	2.013,61
POSTALIS	41,91%	10.599	4.447,06	4.367	1.837,76	-58,80%	-58,67%	2.609,29
LAGO SUL QI 11	40,35%	12.581	5.033,84	4.742	1.996,25	-62,31%	-60,34%	3.037,59
GUARA II	39,57%	9.665	5.090,30	3.707	1.573,69	-61,64%	-69,08%	3.516,61
SETOR GRAFICO	39,29%	10.873	4.491,57	4.133	1.765,44	-61,99%	-60,69%	2.726,12
ASA NORTE 116	39,19%	8.499	3.727,56	3.056	1.360,23	-64,04%	-63,51%	2.367,33
GAMA LESTE	38,82%	14.879	5.889,78	5.749	2.282,60	-61,36%	-61,24%	3.607,18
GUARA I	35,09%	15.076	5.973,75	4.981	2.070,85	-66,96%	-65,33%	3.902,90
JARDIM BOTANICO-DF	32,98%	10.831	4.504,38	3.461	1.473,42	-68,05%	-67,29%	3.030,96
GILBERTO SALOMAO	32,33%	15.924	6.068,08	4.532	1.850,32	-71,54%	-69,51%	4.217,75
SHOPPING PLANALTINA	30,59%	19.385	7.639,47	5.777	2.380,30	-70,20%	-68,84%	5.259,17
SAMAMBAIA	24,82%	17.569	7.115,77	4.212	1.778,90	-76,02%	-75,00%	5.336,86
TOTAL MENSAL (R\$)			229.403,90		121.492,80			107.911,31

Fonte: Elaborado pelo autor

Essa planilha apresenta, além da situação atual e metas a serem alcançadas para se atingir a eficiência, uma última coluna com o impacto financeiro gerado à dependência com a redução desses insumos. Em média, o consumo mensal dessas dependências totaliza R\$ 229.403,90. Com as modificações necessárias ao se atingir 100% de eficiência para cada DMU, o valor do impacto na redução dos gastos seria de 107.911,31, que corresponde à 47% de desperdício que pode ser evitado conforme ilustrado na Fig. (31).



Figura 31. Despesa Projetada x Desperdício

Fonte: Elaborado pelo autor

5.1.5. Verificação de Consistência do Modelo

A modelagem do problema orientado ao Input tem como objetivo minimizar ao máximo os insumos dado um mix de variáveis que são resultado desses inputs no processo produtivo. Isso pode ser entendido da seguinte forma na avaliação: dado um conjunto de outputs constantes das DMUs, serão consideradas as mais eficientes aquelas que conseguirem atingir uma menor quantidade nos Inputs. Neste caso, uma DMU considerada ineficiente deverá diminuir ao máximo seus Inputs (Consumo de Energia e Despesa) para atingir a fronteira de eficiência. Então, para comprovar a eficácia do modelo, foi criado dois grupos com as DMUs mais eficientes e com as DMUs menos eficientes, afim de comparar os valores médios de suas variáveis para tentar legitimar o algoritmo do software. A Tab. (16) e (17) abaixo representa tais médias para o modelo DEA-CCR e DEA-BCC:

Tabela 16. Comparação entre DMUs mais eficientes e menos eficientes (DEA-CCR)

	VARIÁVEL	MÉDIA DMUs mais eficientes (22 primeiras do ranking)		MÉDIA DMUs menos eficientes (22 ultimas do ranking)
INPUT	Consumo (kWh)	12.629	<	12.999
	Despesa (R\$)	5.130,27		5.366,97

OUTPUT	Metragem da Agência (m²)	1.113	>	461
	Quantidade de Funcionários	51		31
	Capacidade (BTU)	706.100		288.500

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 17. Comparação entre DMUs mais eficientes e menos eficientes (DEA-BCC)

	VARIÁVEL	MÉDIA DMUs mais eficientes (22 primeiras do ranking)		MÉDIA DMUs menos eficientes (22 ultimas do ranking)
INPUT	Consumo (kWh)	12.357	<	12.765
	Despesa (R\$)	5.100,84		5.243,36
OUTPUT	Metragem da Agência (m²)	1.135	>	604
	Quantidade de Funcionários	52		33
	Capacidade (BTU)	716.700		387.400

Inputs: Quanto menor, melhor

Outputs: Quanto maior, melhor

Fonte: Elaborado pelo autor

Ficou evidenciado que, de fato, a média dos valores das variáveis ligadas aos Inputs, do grupo das agências mais eficientes, são inferiores aos valores das agências menor eficientes. Em contrapartida, a média dos valores das variáveis ligadas aos Outputs são superiores à média dos valores dos Inputs. Isso corrobora a funcionalidade do software.

Os Apêndices (8) e (9) demonstra comparativamente o nível de eficiência de todas as agências avaliadas nos anos de 2011 à 2015. Pode-se observar que a DMU_4 (Asa Sul 507) e DMU_5 (Asa Norte 504) foi a que apresentou melhor eficiência ao longo dos anos. Em relação a evolução no desempenho de eficiência ao longo dos anos, as agências Empresarial Distrito Federal e Governo Federal mostraram melhor evolução, passando a primeira de aproximadamente 40% de eficiência em 2011 para 100% de eficiência em 2015 e a segunda passando de 27% em 2011 para 100% em 2015. As alterações no consumo que geraram esse aumento de eficiência são respectivamente (R\$ 6.407,00 para R\$ 5.780,00) e (R\$ 4.644 para R\$ 3.907,00). Já em relação a pior evolução, a agência asa sul 516 foi a que apresentou pior resultado. Saiu de um nível de eficiência de 100% em 2011 para 54% em 2015. A alteração nos valores consumidos para essa agência nesse período foi de 19.163 kWh em 2011 passando para 18.600 kWh em 2015. Isso evidencia que uma redução nos inputs gera uma melhora na eficiência, em contrapartida, um aumento nos inputs gera uma diminuição na eficiência.

5.2. 2º Estágio do Trabalho

Nesse segundo estágio do trabalho, o objetivo foi relacionar a eficiência dos inputs separados visando identificar dependências bancárias que apresentem discrepância entre o que foi consumido com energia elétrica e o que foi despendido com despesas para esse consumo.

Então, o primeiro passo foi comparar a eficiência relativa parcial das DMUs desses dois Inputs com a eficiência total, considerando a aplicação do modelo aos dois em conjunto. A Tabela 18 mostra que há pouca divergência na eficiência relativa desses dois inputs. O que dá para observar corresponde ao que já foi mencionado anteriormente, que ambos Inputs tem uma alta correlação, o que corresponde dizer que ambos produzem o mesmo efeito na eficiência total quando os dois são aplicados em conjunto no modelo DEA. Por isso que, conforme observado na Tabela abaixo, a eficiência relativa total alternou entre as eficiências de cada input separado. Isso se deve ao fato do modelo desconsiderar um dos inputs na mensuração da eficiência relativa, pois ambos apresentam o mesmo peso para o resultado final.

Tabela 18. Comparação das Eficiências dos Inputs Parciais com a Eficiência Total

EFICIÊNCIA DOIS INPUTS		EFICIÊNCIA APENAS INPUT1		EFICIÊNCIA APENAS INPUT2	
DMU1	63,48%	DMU1	59,29%	DMU1	63,48%
DMU2	77,20%	DMU2	77,20%	DMU2	72,67%
DMU3	45,59%	DMU3	44,19%	DMU3	45,59%
DMU4	100,00%	DMU4	100,00%	DMU4	100,00%
DMU5	100,00%	DMU5	100,00%	DMU5	100,00%
DMU6	56,19%	DMU6	52,41%	DMU6	56,19%
DMU7	61,12%	DMU7	59,35%	DMU7	61,12%
DMU8	48,43%	DMU8	48,43%	DMU8	47,72%
DMU9	49,65%	DMU9	47,06%	DMU9	49,53%
DMU10	100,00%	DMU10	100,00%	DMU10	100,00%
DMU11	64,21%	DMU11	62,78%	DMU11	64,21%
DMU12	52,07%	DMU12	49,73%	DMU12	52,07%
DMU13	52,62%	DMU13	51,99%	DMU13	52,62%
DMU14	64,69%	DMU14	64,69%	DMU14	54,71%
DMU15	55,58%	DMU15	53,27%	DMU15	55,58%
DMU18	60,26%	DMU18	55,40%	DMU18	60,26%
DMU19	81,83%	DMU19	81,83%	DMU19	76,67%
DMU20	93,23%	DMU20	93,23%	DMU20	92,50%
DMU21	100,00%	DMU21	100,00%	DMU21	100,00%
DMU22	100,00%	DMU22	100,00%	DMU22	100,00%
DMU23	64,40%	DMU23	62,52%	DMU23	64,40%
DMU24	69,17%	DMU24	69,17%	DMU24	66,75%

EFICIÊNCIA DOIS INPUTS		EFICIÊNCIA APENAS INPUT1		EFICIÊNCIA APENAS INPUT2	
DMU25	45,89%	DMU25	42,64%	DMU25	45,89%
DMU26	37,90%	DMU26	32,50%	DMU26	37,90%
DMU27	100,00%	DMU27	96,30%	DMU27	100,00%
DMU28	42,33%	DMU28	38,46%	DMU28	42,33%
DMU29	46,64%	DMU29	46,64%	DMU29	39,19%
DMU30	42,10%	DMU30	38,98%	DMU30	42,10%
DMU31	86,86%	DMU31	83,46%	DMU31	86,86%
DMU32	48,60%	DMU32	44,31%	DMU32	48,60%
DMU34	76,84%	DMU34	76,84%	DMU34	73,88%
DMU37	50,69%	DMU37	48,66%	DMU37	50,57%
DMU38	52,92%	DMU38	50,55%	DMU38	52,92%
DMU40	30,77%	DMU40	27,75%	DMU40	30,77%
DMU41	99,98%	DMU41	99,98%	DMU41	97,74%
DMU42	52,04%	DMU42	48,81%	DMU42	52,04%
DMU43	57,62%	DMU43	54,79%	DMU43	57,62%
DMU44	48,43%	DMU44	44,50%	DMU44	48,43%
DMU45	65,51%	DMU45	65,51%	DMU45	60,74%
DMU46	35,99%	DMU46	33,14%	DMU46	35,99%
DMU47	66,34%	DMU47	66,34%	DMU47	65,77%
DMU48	48,69%	DMU48	48,27%	DMU48	48,69%
DMU50	62,28%	DMU50	62,28%	DMU50	60,95%
DMU53	73,99%	DMU53	71,21%	DMU53	73,99%

Fonte: Elaborado pelo autor

Comparando o método de regressão com o modelo DEA para a eficiência relativa desses dois Inputs, chega à conclusão que a regressão linear considera a relação da resposta às variáveis de cada DMU como sendo uma função linear de alguns parâmetros dessas DMUs, de tal forma que uma variável pode ser predita a partir de outra. Para entender e visualizar a relação dessas duas variáveis, foi projetado em um gráfico de dispersão para entender a relação das variáveis em questão. Cabe mencionar que os modelos de regressão linear são ajustados levando em consideração os resíduos gerados entre os dados da variável observada e do seu correspondente valor projetado a ser projeto para a média do conjunto de dados. A reta de regressão apresenta isso, a variabilidade associada às variáveis estudadas levando em consideração pontos atípicos ou discrepantes. A Figura (32) apresenta os dados das variáveis dispostos em volta da reta de regressão que representa a média ou valor ajustado dessa variável. Os pontos mais distantes dessa reta representam as DMUs com maior possibilidade de valores discrepantes entre o que foi consumido e o que foi dispendido com gastos no consumo de energia elétrica.

Comparando com o modelo DEA, a reta contínua na Figura (32) representa a fronteira de eficiência do conjunto de DMUs consideradas como referência. Então, os pontos abaixo dessa fronteira são todas as DMUs que apresentam eficiência abaixo de 100%, e necessitam de melhoria para que possam ser deslocadas em direção a curva de eficiência.

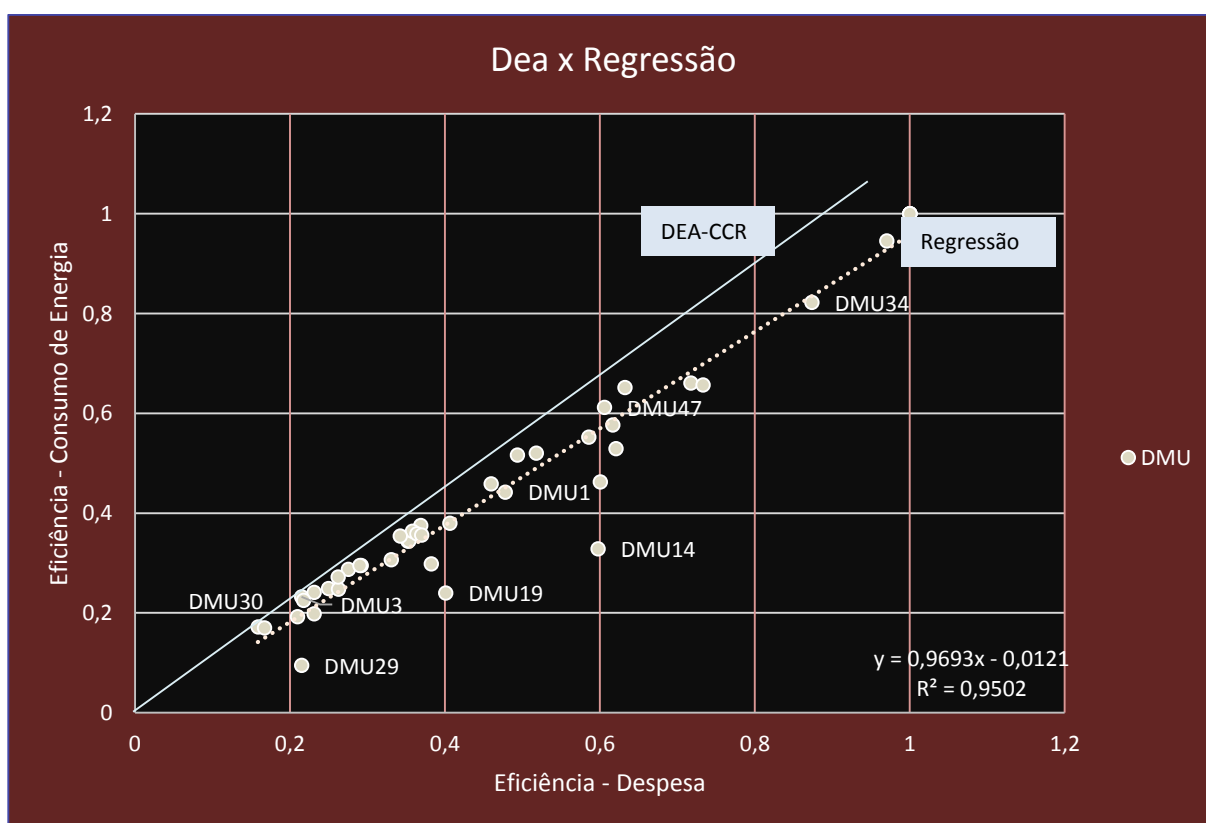


Figura 32. Fronteira de Eficiência x Reta de Regressão

Fonte: Elaborado pelo autor

A análise de regressão, apesar de poder visualizar pontos atípicos no conjunto de dados das variáveis em relação à média da amostra, ela não possibilita fazer uma classificação ou mensurar as dependências

em vistas do percentual de melhoria necessário para que se possa ajustar às DMUs que apresentaram melhor relação entre as variáveis estudadas. A Figura (33) mostra essa classificação através do modelo de eficiência relativa. Observa-se que, embora a DMU29 não tenha apresentado pior situação na análise de referência quando o consumo e a despesa foram analisadas em conjunto, na análise da relação dessas duas variáveis ela apresentou o pior desempenho no conjunto total de DMUs. O mesmo ocorre com a DMU30, que apresentou o melhor desempenho na relação entre o que é consumido de energia elétrica com o que é gasto com esse insumo. No entanto, na relação entre as variáveis consumo e despesa com as variáveis “metragem da agência”, “Quantidade de Funcionários” e “Capacidade Frigorífica” ela foi a segunda pior em desempenho.

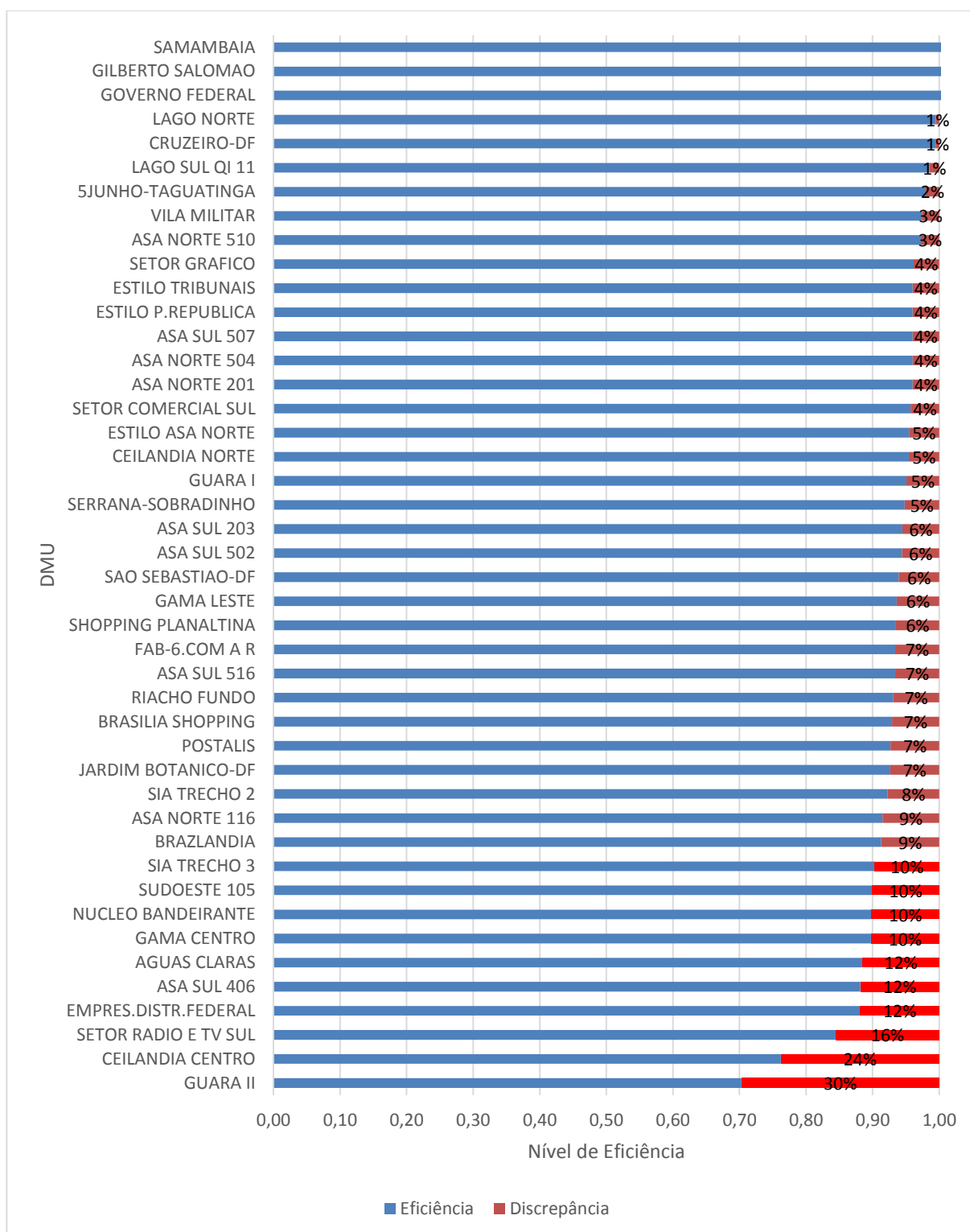


Figura 33. Eficiência Medida na Relação entre Consumo de Energia x Despesa

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que as Agências Ceilândia Centro, Empresarial Distrito Federal e Guará II apresentaram uma eficiência na relação entre “Consumo” x “Despesas” muito destoante dos demais. Esse baixo desempenho pode ter sido ocasionado por algum fator relacionado com o contrato de serviço (multa, ultrapassagem de demanda contratada, etc). Fator esse que deve ser observado para que os demais períodos não sofram esse alto gasto. Em relação aos alvos, este pode ser um dos principais fatores que

tornam o método DEA relevante, qual seja, possibilitar ao gestor quais as dependências ineficientes e o que deve ser adotado para que o desempenho de cada DMU ineficiente seja melhorado.

Essa segunda parte do trabalho, como mencionado anteriormente, serve então de subsídio para calcular o nível de eficiência correspondente às despesas com energia elétrica para cada agência bancária. Ou seja, diante das duas variáveis (Consumo de Energia / Despesa), é possível classificar as agências que apresentam os gastos com energia elétrica discrepantes com o que foi consumido com esse insumo. Isso pode fornecer parâmetros para ajustes nesses gastos ou mesmo adequar a demanda contratada de energia nos parâmetros que foram estabelecidos em contrato com a fornecedora de energia elétrica.

6. CONCLUSÃO

Pode-se observar uma das contribuições principais do modelo DEA em relação aos alvos a serem alcançados, qual seja, informar ao gestor quais são as fontes de ineficiência e o que deve ser feito para se alcançar a eficiência. Como observado na Tab. (15), para a DMU10 que obteve 94,83% de eficiência, o alvo para se alcançar a fronteira de eficiência era a redução em 14% no consumo de energia ou 11% na despesa. Assim, com essas informações preliminares, a atuação do gestor ocorre sobre os gargalos que prejudicam o bom desempenho dos inputs para as unidades avaliadas.

Os resultados do método DEA (entre eles a eficiência, benchmarks e os alvos) de cada uma das agências analisadas, quando repassados a um tomador de decisão pode proporcionar que medidas sejam tomadas para que as unidades consideradas ineficientes possam tornar-se eficientes.

A aplicação do modelo no primeiro estágio possibilitou a identificação de dependências por classes de eficiência, o que permitiu hierarquizar as agências de acordo com o desempenho no consumo de energia elétrica. Ponto fundamental observado foram os outliers, que demonstraram possuir grande influência no resultado final de eficiência global das DMUs.

No segundo estágio o modelo DEA estimou a eficiência com foco na relação entre o consumo de energia elétrica e as despesas geradas. Em geral, as agências eficientes no primeiro estágio foram aquelas que, considerando as três variáveis de saídas (área útil da agência, quantidade de funcionários e capacidade dos aparelhos de ar condicionado), obtiveram menor valor para o dispêndio com o consumo de energia elétrica e das despesas.

O uso da variável de saída “quantidade de funcionários” mostrou-se ter pouca influência no consumo de energia elétrica do que as demais variáveis, já que obteve resultados menores na correlação com as variáveis de entrada (inputs).

Alguns recursos avançados do modelo DEA podem melhorar os resultados obtidos. Um exemplo é a utilização da opção de restrição aos pesos que possibilitaria a redução dos pesos zeros para algumas variáveis. Essas opções ficam, então, como sugestões para serem contemplados em estudos futuros.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZAMBUJA, A.M.V. (2002). **Análise de eficiência na gestão do transporte urbano por ônibus em municípios brasileiros**. 410p. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W.; **Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis**. Management Science, Vol. 30, No. 9, p. 1078-1092, 1984. Disponível em: <<http://www.utdallas.edu/~ryoung/phdseminar/BCC1984.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2015.
- BALTAR, Marta Garcia; KAEHLER, José Wagner Maciel; PEREIRA, Luís Alberto. **Indústria da Construção Civil e Eficiência energética**. Engenharia, Inovação e Desenvolvimento, v. 2, p. 339-344, 2005.
- BARDELIN, Cesar Endrigo Alves. **Os Efeitos do Racionamento de Energia Elétrica Ocorrido no Brasil em 2001 e 2002 com Ênfase no Consumo de Energia Elétrica**. 2004. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- BELLONI, José Angelo. **Uma Metodologia de Avaliação da Eficiência Produtiva de universidades Federais Brasileiras**. 2000. 244 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- BERGER, Allen N.; HUMPHREY, David B.. Efficiency of Financial Institutions: Internacional Survey and Directions for Future Research. **European Journal Of Operational Research** 98. Elsevier Science, p. 175-212, 1997.
- CENTRO SEBRAE DE SUSTENTABILIDADE. **Eficiência Energética**. Cuiabá: Sebrae, 2012. 28 p. (Il.color).
- CHARNES, A.; COOPER, W.W.; RHODES, E. **Measuring the Efficiency of Decision Making Units**. European Journal of Operational Research, 2, p. 429-444, 1978.
- COELLI, Timothy J. et al. **An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis**. 2ª Ed. New York: Springer, 2005. 345 p.
- ELEKTRO (Campinas). **Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações**. São Paulo: Pee - Aneel, 2012. 313 p.
- ELEKTROBRAS. **Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso, ano base 2005: classe Residencial Relatório Brasil** - Sumário Executivo. Rio de Janeiro: ELEKTROBRAS; PROCEL, 2009. 187 p. (Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil). Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/services/procel-info/Simuladores/DownloadSimulator.asp?DocumentID=%7B2FC65B57%2D33B1%2D47F7%2DAB3A%2DE44B1A18DF5D%7D&ServiceInstUID=%7B5E202C83%2DF05D%2D4280%2D9004%2D3D59B20BEA4F%7D>. Acesso em: 06/05/2015.
- ENCINAS, Rafael. **Oportunidades de aplicação da análise envoltória de dados em auditorias operacionais do Tribunal de Contas da União**. 2010. 33 f. TCC (Graduação) - Curso de Orçamento Público, Instituto Serzedello Corrêa - Isc/tcu, Brasília, 2010.
- FARRELL, James M. **The Measurement of Productive Efficiency**. Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General), Vol. 120, nº 3 pp. 253-90, 1957. Disponível em: <<http://www.aae.wisc.edu/aae741/Ref/Farrell%201957.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2016.

- FERREIRA, Carlos Maurício de Carvalho; GOMES, Adriano Provezano. **Introdução à Análise Envoltória de Dados – Teoria, Modelos e Aplicações**. Universidade Federal de Viçosa: Editora UFV, 2012. 389 p.
- GOLDENBERG, José; PRADO, Luiz Tadeu Siqueira. **Reforma e crise do setor elétrico no período FHC**. Tempo Social - Usp, São Paulo, v. 15, n. 2, p.219-235, nov. 2003. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/ts/article/viewFile/12410/14187>>. Acesso em: 20 abr. 2015.
- GOMES, Eliane Gonçalves; LINS, Marcos Pereira Estellita. **Análise de Envoltória de Dados com Ganhos de Soma Zero na Modelagem de Outputs Indesejáveis**. In: XXXVI SBPO, 2004, São João del Rei - MG. Anais..., 2004. p. 239 - 250. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/24584/1/2230.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2015.
- GUERREIRO, Alexandra dos Santos. **Análise da Eficiência de Empresa de Comércio Eletrônico Usando Técnicas da Análise Envoltória de Dados**. 2006. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- INEE. **A Eficiência Energética e o Novo Modelo do Setor Energético**. Rio de Janeiro: INEE, 2001.
- INMETRO. **Manual para aplicação do Regulamento RTQ-C de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. Versão 3. Rio de Janeiro: INMETRO, 2014.
- JORNAL DO COMMERCCIO: **Consumo de energia elétrica aumentou 3,6% no ano passado**. Brasil, 07 abr. 2015. Disponível em: <http://www.jcom.com.br/noticia/138385/Consumo_de_energia_eletrica_aumentou_36_no_ano_passado>. Acesso em: 07 abr. 2015.
- JUBRAN, Aparecido Jorge. **Modelo de análise de eficiência na administração pública: estudo aplicado às prefeituras brasileiras usando a análise envoltória de dados**. 2006. Tese (Doutorado em Sistemas Eletrônicos) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3142/tde-13122006-180402/>>. Acesso em: 2015-09-23.
- KASSAI, Sílvia. Utilização da **Análise Envoltória de Dados (DEA) na Análise de Demonstrações Contábeis**. 2002. 318 f. Tese (Doutorado) - Curso de Contabilidade e Controladoria, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade - Usp, São Paulo, 2002.
- KAUARK et al. **Metodologia de Pesquisa - Um Guia Prático**. Itabuna: Via Litterarum, 2013.
- LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R.. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: Pw Editores, 1997. 192 p. Ilustrações: Luciano Dutra.
- LOSEKANN, Luciano. **10 anos do “Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro”: Sem motivos para comemorar**. 2014. Disponível em: <<https://infopetro.wordpress.com/2014/03/17/10-anos-do-novo-modelo-do-setor-eletrico-brasileiro-sem-motivos-para-comemorar/>>. Acesso em: 20 abr. 2015.
- MARIANO, Enzo Barberio. **Sistematização e Comparação de Técnicas, Modelos e Perspectivas não-paramétricas de Análise de Eficiência Produtiva**. 2008. 280 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.
- MELLO, João Carlos Correia Baptista Soares de et al. **Curso de Análise de Envoltória de Dados**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, Não use números Romanos ou letras, use somente números Arábicos. 2005, Gramado. Pesquisa Operacional e Desenvolvimento Sustentável. Gramado: Sbp, 2005. p. 2520 - 2547. Disponível em: <http://www.uff.br/decisao/sbp2005_curso.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2015.
- MEZA, Lidia Angulo et al. **Seleção de variáveis em DEA aplicada a uma análise do mercado de energia elétrica**. Inv. Op., Lisboa, v. 27, n. 1, p. 21-36, 2007. Disponível em <http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0874-51612007000100002&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 11 jun. 2016.

NOTA TÉCNICA DEA 28/13: **Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2014-2023)**. Rio de Janeiro: Epe - Empresa de Pesquisa Energética, 2013. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/Série Estudos de Energia/20140203_1.pdf](http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/Série%20Estudos%20de%20Energia/20140203_1.pdf)>. Acesso em: 25 mar. 2015.

PAIXÃO, Andrea Carpenter Costa dos Santos da. **Caracterização Tipológica de Agências Bancárias e seu Potencial de Economia de Energia Elétrica e Etiquetagem com a Implantação de Sistemas Fotovoltaicos**. 2013. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

PEDREIRA, João Carlos Simão. **Eficiência Energética e Conforto Ambiental na Escolha de Edificações para Agência do Banco do Brasil: Proposta de Critérios para o Distrito Federal**. 2010. 246 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

PÉRICO, Ana Elisa; REBELATTO, Daisy Aparecida do Nascimento; SANTANA, Naja Brandão. **Eficiência bancária: os maiores bancos são os mais eficientes? Uma análise por envoltória de dados**. Gestão & Produção, São Carlos, v. 15, n. 2, p.421-431, maio 2008. Disponível em: <<http://producao.usp.br/handle/BDPI/4286>>. Acesso em: 27 jun. 2015.

PÉRICO, Ana Elisa; SANTANA, Naja Brandão; REBELATTO, Daisy Aparecida do Nascimento. **O Uso Racional de Água na SAPESP: Uma Análise Por Envoltória de Dados**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 40., 2008, João Pessoa. XL. João Pessoa: Sbp, 2008. p. 263 - 275. Disponível em: <<http://www.din.uem.br/sbp/sbp2008/pdf/arq0055.pdf>>. Acesso em: 11 jul. 2015.

PINTO, Patrícia Mello Marçal. **Análise do Potencial de Conservação de Energia Elétrica no Setor de Serviços: O Caso do Setor Bancário**. 2011. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

RAFAELI, Leonardo. **A Análise Envoltória de Dados como Ferramenta para Avaliação do Desempenho Relativo**. 2009. 166 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

Reis, Lineu Bélico dos; **Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável – Barueri**, São Paulo, SP, Manole (2005)

ROMERO, Marcelo de Andrade; REIS, Lineu Bélico dos. **Eficiência Energética em Edifícios**. São Paulo: Editora Manole Ltda, 2014.

REMPEL, Cristiano. **Análise da Eficiência Técnica Relativa de Empresas Brasileiras Distribuidoras de Energia Elétrica: Uma Abordagem DEA**. 2013. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Contábeis, Unisinos, São Leopoldo, 2013.

RESENHA: **Consumo de Energia cresceu 2,2% em 2014**. Rio de Janeiro: Epe - Empresa de Pesquisa Energética, jan. 2015. Mensal. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica - Dezembro 2014.pdf](http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/Resenha%20Mensal%20do%20Mercado%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%20-%20Dezembro%202014.pdf)>. Acesso em: 25 mar. 2015.

Resolução aneel consultado em < <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>> em 12/05/2015.

REVISTA SOCIAIS E HUMANAS: **ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS: CONCEITOS, METODOLOGIA E ESTUDO DA ARTE NA EDUCAÇÃO SUPERIOR: FRANK LEONARDO CASADO**. Rio Grande do Sul: Sociais e Humanas, v. 20, n. 1, 2007.

ROLL, B Golany y. **An Application Procedure for DEA**. Omega, Institute Of Technology - Israel, v. 17, n. 3, p.237-250, nov. 1989.

SALGADO JUNIOR, Alexandre Pereira; BONACIM, Carlos Alberto Grespan; PACAGNELLA JUNIOR, Antônio Carlos. **Aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA) para Avaliação de Eficiência de Usinas de Açúcar e Alcool da Região Nordeste do Estado de São Paulo**. Organizações Rurais & Agroindustriais, Lavras Mg, v. 11, n. 3, p.494-513, Não é um mês valido! 2009.

- SCHEEL, Holder. EMS: Efficiency Measurement System – User’s Manual. Version 1.3, 2015. Disponível em: < <http://www.holger-scheel.de/ems/ems.pdf> >. Acesso em: 8 set. 2015.
- SILVA, Ângelo Henrique Lopes da. **Mensuração da Produtividade relativa para o Setor de Distribuição de Energia Elétrica Nacional inserida no Cálculo do Fator X**. 2006. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia, Universidade de Brasília, Brasília - DF, 2006.
- SOUZA, Maria Goretti Zago Nunes de. **Avaliação da Eficiência Energética Usando Análise Envoltória de Dados: Aplicação aos Países em Desenvolvimento**. 2012. 177 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências, Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- Turrioni, J. B.; C. H. P. Mello. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção: Estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas**. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, 2012.
- TUPY, Oscar; YAMAGUCHI, Luiz Carlos Takao. **Eficiência e Produtividade: Conceitos e Medição**. Agricultura em São Paulo, São Paulo, v. 2, n. 45, p.39-51, 1998. Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftpiea/rea/tomo2_98/artigo3.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2015.
- WALVIS, Alida. **Avaliação das Reformas Recentes no Setor Elétrico Brasileiro e sua Relação com o Desenvolvimento do Mercado Livre de Energia**. 2014. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Finanças e Economia Empresarial, Escola de Pós-graduação em Economia, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2014.

8. APÊNDICE

APÊNDICE 1.	Valores das Variáveis de cada DMU (Ano 2011)	80
APÊNDICE 2.	Valores das Variáveis de cada DMU (Ano 2012)	81
APÊNDICE 3.	Valores das Variáveis de cada DMU (Ano 2013)	82
APÊNDICE 4.	Valores das Variáveis de cada DMU (Ano 2014)	83
APÊNDICE 5.	Valores das Variáveis de cada DMU (Ano 2015)	84
APÊNDICE 6.	Eficiência Relativa das DMUs no Período de 2011 à 2015 (DEA-CCR)	85
APÊNDICE 7.	Eficiência Relativa das DMUs no Período de 2011 à 2015 (DEA-BCC)	86
APÊNDICE 8.	Ranking de Classificação das Agências Bancárias (DEA-CCR) ..	87
APÊNDICE 9.	Ranking de Classificação das Agências Bancárias (DEA-BCC) ..	88
APÊNDICE 10.	Metas de Melhoria para cada DMU (média dos cinco anos).....	89
APÊNDICE 11.	Pesos Atribuídos pelo Modelo às Variáveis (Ano 2015)	90
APÊNDICE 12.	Referência de Melhoria para cada DMU (Ano 2011).....	91
APÊNDICE 13.	Referência de Melhoria para cada DMU (Ano 2012).....	92
APÊNDICE 14.	Referência de Melhoria para cada DMU (Ano 2013).....	93
APÊNDICE 15.	Referência de Melhoria para cada DMU (Ano 2014).....	94
APÊNDICE 16.	Referência de Melhoria para cada DMU (Ano 2015).....	95

APÊNDICE 1. Valores das Variáveis de cada DMU (Ano 2011)

DMU	AGÊNCIA	Consumo (kWh)	Despesa (R\$)	Metragem da Agência (m²)	Quantidade de Funcionários	Capacidade (BTU)
DMU1	5JUNHO-TAGUATINGA	17.200	6.770,21	1.650	20	681.000
DMU2	AGUAS CLARAS	8.607	3.749,02	310	26	596.000
DMU3	ASA NORTE 116	7.730	2.984,19	368	27	252.000
DMU4	ASA NORTE 201	12.787	4.929,60	2.260	142	744.000
DMU5	ASA NORTE 504	26.812	9.513,39	4.770	112	2.043.009
DMU6	ASA NORTE 510	9.593	3.595,77	535	24	474.180
DMU7	ASA SUL 203	6.748	2.744,35	536	36	396.000
DMU8	ASA SUL 406	14.848	5.459,47	1.116	36	696.000
DMU9	ASA SUL 502	15.660	5.959,71	1.200	25	420.000
DMU10	ASA SUL 507	19.884	7.268,74	1.807	68	1.536.000
DMU11	ASA SUL 516	19.163	6.832,21	1.241	150	954.000
DMU12	BRASILIA SHOPPING	7.194	2.877,02	500	31	214.000
DMU13	BRAZLANDIA	7.192	3.500,85	274	25	225.000
DMU14	CEILANDIA CENTRO	15.822	10.418,47	1.250	41	873.000
DMU15	CEILANDIA NORTE	14.290	6.741,76	1.124	36	814.000
DMU18	CRUZEIRO-DF	12.669	4.633,33	300	42	678.000
DMU19	EMPRES.DISTR.FEDERAL	6.407	4.218,35	702	40	402.000
DMU20	ESTILO ASA NORTE	4.719	1.959,63	540	64	432.000
DMU21	ESTILO P.REPUBLICA	2.631	1.064,74	382	59	216.000
DMU22	ESTILO TRIBUNAI	1.663	693,72	550	65	348.000
DMU23	FAB-6.COM A R	5.699	2.350,69	111	16	96.000
DMU24	GAMA CENTRO	13.860	5.441,25	940	46	906.000
DMU25	GAMA LESTE	14.007	5.085,07	918	37	480.000
DMU26	GILBERTO SALOMAO	13.888	5.874,01	412	34	432.000
DMU27	GOVERNO FEDERAL	4.644	1.908,09	541	33	246.000
DMU28	GUARA I	14.631	5.587,42	632	41	482.000
DMU29	GUARA II	9.624	8.814,15	618	28	243.000
DMU30	JARDIM BOTANICO-DF	11.114	4.241,31	567	27	276.000
DMU31	LAGO NORTE	4.857	1.959,08	82	24	39.000
DMU32	LAGO SUL QI 11	11.660	4.394,93	437	24	464.000
DMU34	NUCLEO BANDEIRANTE	14.083	5.379,73	1.386	39	1.065.000
DMU37	POSTALIS	7.589	3.006,08	734	23	18.000
DMU38	RIACHO FUNDO	9.733	4.066,15	458	25	408.000
DMU40	SAMAMBAIA	15.279	5.912,96	591	37	408.000
DMU41	SAO SEBASTIAO-DF	7.614	3.147,64	400	18	612.000
DMU42	SERRANA-SOBRADINHO	8.884	3.721,37	764	15	408.000
DMU43	SETOR COMERCIAL SUL	21.779	7.504,60	1.280	36	960.000
DMU44	SETOR GRAFICO	9.573	3.638,48	540	25	405.000
DMU45	SETOR RADIO E TV SUL	7.147	3.580,82	628	28	420.000
DMU46	SHOPPING PLANALTINA	18.900	6.873,72	960	43	432.000
DMU47	SIA TRECHO 2	19.080	6.805,08	1.450	50	1.015.000
DMU48	SIA TRECHO 3	12.853	5.113,95	831	35	588.000
DMU50	SUDOESTE 105	19.258	7.363,50	1.542	49	996.000
DMU53	VILA MILITAR	4.496	1.947,73	260	19	210.000

APÊNDICE 2. Valores das Variáveis de cada DMU (Ano 2012)

DMU	AGÊNCIA	Consumo (kWh)	Despesa (R\$)	Metragem da Agência (m²)	Quantidade de Funcionários	Capacidade (BTU)
DMU1	5JUNHO-TAGUATINGA	16.969	6.657,16	1.650	20	681.000
DMU2	AGUAS CLARAS	7.932	3.533,81	310	26	596.000
DMU3	ASA NORTE 116	7.827	3.341,02	368	24	252.000
DMU4	ASA NORTE 201	12.353	5.241,55	2.260	142	744.000
DMU5	ASA NORTE 504	19.033	7.470,10	4.770	112	2.043.009
DMU6	ASA NORTE 510	10.150	4.174,46	535	24	474.180
DMU7	ASA SUL 203	7.719	3.263,28	536	36	396.000
DMU8	ASA SUL 406	14.889	6.217,75	1.116	36	696.000
DMU9	ASA SUL 502	15.949	6.404,37	1.200	33	420.000
DMU10	ASA SUL 507	19.059	7.509,72	1.807	98	1.536.000
DMU11	ASA SUL 516	17.358	6.840,39	1.241	61	954.000
DMU12	BRASILIA SHOPPING	6.857	2.925,78	500	31	214.000
DMU13	BRAZLANDIA	6.380	2.766,51	274	25	225.000
DMU14	CEILANDIA CENTRO	14.665	11.400,64	1.250	40	873.000
DMU15	CEILANDIA NORTE	17.492	8.046,82	1.124	36	814.000
DMU18	CRUZEIRO-DF	15.193	6.146,44	300	40	678.000
DMU19	EMPRES.DISTR.FEDERAL	6.595	2.832,29	702	40	402.000
DMU20	ESTILO ASA NORTE	4.932	2.219,36	540	64	432.000
DMU21	ESTILO P.REPUBLICA	3.303	1.638,93	382	59	216.000
DMU22	ESTILO TRIBUNAI	4.597	1.741,69	550	65	348.000
DMU23	FAB-6.COM A R	5.775	2.546,00	111	16	96.000
DMU24	GAMA CENTRO	16.473	6.786,65	940	46	906.000
DMU25	GAMA LESTE	13.840	5.509,87	918	36	480.000
DMU26	GILBERTO SALOMAO	17.529	7.138,79	412	37	432.000
DMU27	GOVERNO FEDERAL	3.890	1.722,15	541	33	246.000
DMU28	GUARA I	14.770	5.950,01	643	43	482.000
DMU29	GUARA II	9.030	3.769,88	618	29	243.000
DMU30	JARDIM BOTANICO-DF	10.329	4.351,17	567	26	276.000
DMU31	LAGO NORTE	3.958	1.670,54	82	26	39.000
DMU32	LAGO SUL QI 11	12.920	5.224,95	437	24	464.000
DMU34	NUCLEO BANDEIRANTE	13.820	5.646,67	1.386	41	1.065.000
DMU37	POSTALIS	9.190	3.900,63	734	23	18.000
DMU38	RIACHO FUNDO	9.011	4.035,75	458	23	408.000
DMU40	SAMAMBAIA	17.097	7.142,66	591	37	408.000
DMU41	SAO SEBASTIAO-DF	5.649	2.602,39	400	18	612.000
DMU42	SERRANA-SOBRADINHO	9.076	4.006,60	764	18	408.000
DMU43	SETOR COMERCIAL SUL	20.277	7.910,71	1.280	44	960.000
DMU44	SETOR GRAFICO	10.620	4.394,70	540	25	405.000
DMU45	SETOR RADIO E TV SUL	7.490	3.668,38	628	28	420.000
DMU46	SHOPPING PLANALTINA	18.933	7.429,24	960	43	432.000
DMU47	SIA TRECHO 2	19.061	7.083,08	1.450	46	1.015.000
DMU48	SIA TRECHO 3	12.607	5.173,68	831	36	588.000
DMU50	SUDOESTE 105	21.307	8.562,01	1.542	50	996.000
DMU53	VILA MILITAR	4.291	1.826,00	260	19	210.000

APÊNDICE 3. Valores das Variáveis de cada DMU (Ano 2013)

DMU	AGÊNCIA	Consumo (kWh)	Despesa (R\$)	Metragem da Agência (m²)	Quantidade de Funcionários	Capacidade (BTU)
DMU1	5JUNHO-TAGUATINGA	19.006	5.424,05	1.650	20	681.000
DMU2	AGUAS CLARAS	9.363	3.434,20	310	26	596.000
DMU3	ASA NORTE 116	9.222	3.040,02	368	23	252.000
DMU4	ASA NORTE 201	14.749	4.618,95	2.260	142	744.000
DMU5	ASA NORTE 504	33.667	9.895,56	4.770	112	2.043.009
DMU6	ASA NORTE 510	12.676	4.031,34	535	24	474.180
DMU7	ASA SUL 203	8.817	3.007,78	536	36	396.000
DMU8	ASA SUL 406	21.738	6.917,20	1.116	36	696.000
DMU9	ASA SUL 502	18.889	5.831,18	1.200	40	420.000
DMU10	ASA SUL 507	24.234	7.423,36	1.807	98	1.536.000
DMU11	ASA SUL 516	20.167	5.956,20	1.241	43	954.000
DMU12	BRASILIA SHOPPING	8.875	2.771,79	500	31	214.000
DMU13	BRAZLANDIA	7.735	2.485,39	274	25	225.000
DMU14	CEILANDIA CENTRO	19.311	4.936,59	1.250	48	873.000
DMU15	CEILANDIA NORTE	23.631	7.647,09	1.124	36	814.000
DMU18	CRUZEIRO-DF	19.399	6.246,14	300	40	678.000
DMU19	EMPRES.DISTR.FEDERAL	6.237	2.195,63	702	40	402.000
DMU20	ESTILO ASA NORTE	7.202	2.571,42	540	64	432.000
DMU21	ESTILO P.REPUBLICA	4.008	1.318,43	382	59	216.000
DMU22	ESTILO TRIBUNAIS	3.492	1.183,84	550	65	348.000
DMU23	FAB-6.COM A R	6.719	2.306,20	111	16	96.000
DMU24	GAMA CENTRO	19.343	6.994,33	940	46	906.000
DMU25	GAMA LESTE	16.288	5.191,69	918	38	480.000
DMU26	GILBERTO SALOMAO	19.150	6.074,21	412	37	432.000
DMU27	GOVERNO FEDERAL	4.525	1.476,16	541	33	246.000
DMU28	GUARA I	17.276	5.184,33	643	45	482.000
DMU29	GUARA II	10.602	3.374,30	618	29	243.000
DMU30	JARDIM BOTANICO-DF	11.830	3.829,33	567	26	276.000
DMU31	LAGO NORTE	5.215	1.642,48	82	27	39.000
DMU32	LAGO SUL QI 11	15.607	4.791,12	437	24	464.000
DMU34	NUCLEO BANDEIRANTE	18.058	5.575,60	1.386	42	1.065.000
DMU37	POSTALIS	12.598	4.004,98	734	34	18.000
DMU38	RIACHO FUNDO	11.073	3.551,63	458	24	408.000
DMU40	SAMAMBAIA	19.883	6.071,33	591	37	408.000
DMU41	SAO SEBASTIAO-DF	7.528	2.550,71	400	18	612.000
DMU42	SERRANA-SOBRADINHO	13.281	4.178,68	764	21	408.000
DMU43	SETOR COMERCIAL SUL	26.451	7.671,99	1.280	49	960.000
DMU44	SETOR GRAFICO	12.068	3.854,66	540	25	405.000
DMU45	SETOR RADIO E TV SUL	6.592	2.697,52	628	28	420.000
DMU46	SHOPPING PLANALTINA	20.835	6.464,63	960	43	432.000
DMU47	SIA TRECHO 2	21.290	6.466,19	1.450	46	1.015.000
DMU48	SIA TRECHO 3	16.361	5.245,37	831	45	588.000
DMU50	SUDOESTE 105	23.216	7.081,33	1.542	58	996.000
DMU53	VILA MILITAR	5.652	1.847,17	260	19	210.000

APÊNDICE 4. Valores das Variáveis de cada DMU (Ano 2014)

DMU	AGÊNCIA	Consumo (kWh)	Despesa (R\$)	Metragem da Agência (m²)	Quantidade de Funcionários	Capacidade (BTU)
DMU1	5JUNHO-TAGUATINGA	19.638	6.204,27	1.650	20	681.000
DMU2	AGUAS CLARAS	9.893	3.961,87	310	26	596.000
DMU3	ASA NORTE 116	8.773	3.594,54	368	23	252.000
DMU4	ASA NORTE 201	15.409	5.840,81	2.260	142	744.000
DMU5	ASA NORTE 504	36.306	10.512,47	4.770	112	2.043.009
DMU6	ASA NORTE 510	11.349	4.407,62	535	24	474.180
DMU7	ASA SUL 203	8.326	3.540,22	536	36	396.000
DMU8	ASA SUL 406	20.762	7.956,06	1.116	36	696.000
DMU9	ASA SUL 502	16.685	6.151,78	1.200	40	420.000
DMU10	ASA SUL 507	17.577	6.231,46	1.807	76	1.536.000
DMU11	ASA SUL 516	18.544	6.787,33	1.241	43	954.000
DMU12	BRASILIA SHOPPING	8.925	3.566,64	500	31	214.000
DMU13	BRAZLANDIA	7.349	2.925,97	274	25	225.000
DMU14	CEILANDIA CENTRO	17.990	4.585,35	1.250	48	873.000
DMU15	CEILANDIA NORTE	19.381	5.692,26	1.124	36	814.000
DMU18	CRUZEIRO-DF	14.284	5.143,03	300	41	678.000
DMU19	EMPRES.DISTR.FEDERAL	5.787	2.406,61	702	40	402.000
DMU20	ESTILO ASA NORTE	5.792	2.475,63	540	64	432.000
DMU21	ESTILO P.REPUBLICA	4.177	1.669,97	382	59	216.000
DMU22	ESTILO TRIBUNAIS	3.492	1.183,84	550	65	348.000
DMU23	FAB-6.COM A R	5.675	2.308,05	111	16	96.000
DMU24	GAMA CENTRO	16.026	5.854,88	940	46	906.000
DMU25	GAMA LESTE	15.537	5.694,60	918	38	480.000
DMU26	GILBERTO SALOMAO	14.526	5.626,69	380	37	432.000
DMU27	GOVERNO FEDERAL	4.319	1.705,36	541	33	246.000
DMU28	GUARA I	15.309	5.536,16	643	45	482.000
DMU29	GUARA II	10.720	4.162,94	618	29	243.000
DMU30	JARDIM BOTANICO-DF	11.475	4.487,60	567	26	276.000
DMU31	LAGO NORTE	3.478	1.358,06	82	27	39.000
DMU32	LAGO SUL QI 11	12.206	4.702,57	437	24	464.000
DMU34	NUCLEO BANDEIRANTE	20.303	7.399,35	1.386	42	1.065.000
DMU37	POSTALIS	12.909	5.035,35	734	34	18.000
DMU38	RIACHO FUNDO	9.480	3.738,00	458	24	408.000
DMU40	SAMAMBAIA	18.574	6.825,12	591	37	408.000
DMU41	SAO SEBASTIAO-DF	8.507	3.432,83	400	18	612.000
DMU42	SERRANA-SOBRADINHO	13.858	5.225,41	764	21	408.000
DMU43	SETOR COMERCIAL SUL	21.270	7.605,42	1.280	49	960.000
DMU44	SETOR GRAFICO	12.119	4.638,57	540	25	405.000
DMU45	SETOR RADIO E TV SUL	8.986	3.654,85	628	28	420.000
DMU46	SHOPPING PLANALTINA	21.464	7.749,33	960	43	432.000
DMU47	SIA TRECHO 2	20.477	7.125,57	1.450	46	1.015.000
DMU48	SIA TRECHO 3	15.314	5.758,30	831	45	588.000
DMU50	SUDOESTE 105	19.214	7.263,54	1.542	58	996.000
DMU53	VILA MILITAR	5.798	2.281,26	260	19	210.000

APÊNDICE 5. Valores das Variáveis de cada DMU (Ano 2015)

DMU	AGÊNCIA	Consumo (kWh)	Despesa (R\$)	Metragem da Agência (m²)	Quantidade de Funcionários	Capacidade (BTU)
DMU1	5JUNHO-TAGUATINGA	16.165	8.463,17	1.650	20	681.000
DMU2	AGUAS CLARAS	10.977	6.320,81	310	26	596.000
DMU3	ASA NORTE 116	8.945	5.678,06	368	23	252.000
DMU4	ASA NORTE 201	13.220	7.746,59	2.260	142	744.000
DMU5	ASA NORTE 504	35.040	18.059,94	4.770	112	2.043.009
DMU6	ASA NORTE 510	10.621	5.976,24	535	24	474.180
DMU7	ASA SUL 203	8.199	4.902,98	536	36	396.000
DMU8	ASA SUL 406	19.307	11.428,17	1.116	36	696.000
DMU9	ASA SUL 502	15.343	8.656,65	1.200	40	420.000
DMU10	ASA SUL 507	13.985	8.403,82	1.807	53	1.536.000
DMU11	ASA SUL 516	18.647	10.370,41	1.241	43	954.000
DMU12	BRASILIA SHOPPING	8.117	4.878,91	500	31	214.000
DMU13	BRAZLANDIA	6.463	3.896,80	274	25	225.000
DMU14	CEILANDIA CENTRO	16.985	8.932,09	1.250	48	873.000
DMU15	CEILANDIA NORTE	20.037	8.751,23	1.124	36	814.000
DMU18	CRUZEIRO-DF	12.863	6.283,32	300	41	678.000
DMU19	EMPRES.DISTR.FEDERAL	5.780	2.949,65	702	40	402.000
DMU20	ESTILO ASA NORTE	5.112	3.203,59	540	64	432.000
DMU21	ESTILO P.REPUBLICA	3.969	2.403,91	382	59	216.000
DMU22	ESTILO TRIBUNAIS	7.390	4.766,20	550	65	348.000
DMU23	FAB-6.COM A R	5.056	3.060,30	111	16	96.000
DMU24	GAMA CENTRO	14.453	8.446,75	940	46	906.000
DMU25	GAMA LESTE	14.723	7.967,68	918	38	480.000
DMU26	GILBERTO SALOMAO	14.526	5.626,69	380	37	432.000
DMU27	GOVERNO FEDERAL	3.907	2.316,03	541	33	246.000
DMU28	GUARA I	13.395	7.610,82	643	45	482.000
DMU29	GUARA II	8.351	5.330,24	618	29	243.000
DMU30	JARDIM BOTANICO-DF	9.407	5.612,50	567	26	276.000
DMU31	LAGO NORTE	4.163	2.690,46	82	27	39.000
DMU32	LAGO SUL QI 11	10.513	6.055,64	437	24	464.000
DMU34	NUCLEO BANDEIRANTE	19.811	11.530,98	1.386	42	1.065.000
DMU37	POSTALIS	10.711	6.288,24	734	34	18.000
DMU38	RIACHO FUNDO	8.927	5.292,06	458	24	408.000
DMU40	SAMAMBAIA	17.010	9.626,77	591	37	408.000
DMU41	SAO SEBASTIAO-DF	7.811	4.256,83	400	18	612.000
DMU42	SERRANA-SOBRADINHO	9.811	5.554,42	764	21	408.000
DMU43	SETOR COMERCIAL SUL	19.083	10.708,48	1.280	49	960.000
DMU44	SETOR GRAFICO	9.987	5.931,42	540	25	405.000
DMU45	SETOR RADIO E TV SUL	8.170	4.882,94	628	28	420.000
DMU46	SHOPPING PLANALTINA	16.793	9.680,44	960	43	432.000
DMU47	SIA TRECHO 2	16.865	11.194,70	1.450	46	1.015.000
DMU48	SIA TRECHO 3	17.190	9.840,69	831	45	588.000
DMU50	SUDOESTE 105	20.010	11.275,83	1.542	58	996.000
DMU53	VILA MILITAR	5.159	3.039,51	260	19	210.000

APÊNDICE 6. Eficiência Relativa das DMUs no Período de 2011 à 2015 (DEA-CCR)

DMU	Eficiência 2011	Eficiência 2012	Eficiência 2013	Eficiência 2014	Eficiência 2015	Média	Ranking
DMU22	100%	100%	100%	100%	67%	93%	1º
DMU5	63%	100%	100%	98%	97%	92%	2º
DMU4	58%	100%	100%	93%	100%	90%	3º
DMU21	59%	100%	100%	76%	100%	87%	4º
DMU20	44%	100%	60%	75%	100%	76%	5º
DMU10	42%	77%	70%	88%	100%	75%	6º
DMU41	39%	100%	82%	72%	79%	74%	7º
DMU27	36%	74%	77%	80%	89%	71%	8º
DMU19	33%	63%	71%	77%	99%	69%	9º
DMU34	39%	72%	65%	53%	54%	56%	10º
DMU2	33%	70%	64%	60%	53%	56%	11º
DMU14	26%	55%	60%	65%	60%	53%	12º
DMU1	31%	39%	63%	57%	71%	52%	13º
DMU24	33%	51%	47%	57%	62%	50%	14º
DMU45	28%	54%	64%	47%	55%	50%	15º
DMU47	30%	52%	53%	50%	62%	49%	16º
DMU11	28%	53%	54%	52%	53%	48%	17º
DMU50	27%	43%	48%	52%	57%	45%	18º
DMU7	29%	52%	45%	48%	53%	45%	19º
DMU18	29%	42%	37%	48%	64%	44%	20º
DMU15	27%	43%	36%	49%	56%	42%	21º
DMU43	26%	44%	43%	45%	53%	42%	22º
DMU6	26%	43%	40%	42%	46%	39%	23º
DMU42	26%	42%	39%	35%	54%	39%	24º
DMU9	25%	31%	42%	46%	48%	39%	25º
DMU53	22%	50%	39%	36%	45%	38%	26º
DMU38	20%	42%	39%	43%	45%	38%	27º
DMU48	23%	44%	38%	39%	39%	36%	28º
DMU37	31%	34%	38%	36%	40%	36%	29º
DMU8	26%	44%	35%	34%	40%	36%	30º
DMU25	23%	34%	37%	38%	45%	35%	31º
DMU12	22%	40%	37%	36%	39%	35%	32º
DMU29	19%	33%	38%	37%	45%	34%	33º
DMU31	13%	43%	30%	42%	44%	34%	34º
DMU32	21%	33%	33%	38%	44%	34%	35º
DMU44	22%	36%	36%	34%	42%	34%	36º
DMU28	17%	33%	32%	32%	42%	31%	37º
DMU13	15%	37%	31%	31%	39%	31%	38º
DMU30	17%	28%	31%	31%	39%	29%	39º
DMU26	15%	25%	24%	30%	49%	28%	40º
DMU46	18%	25%	31%	28%	37%	28%	41º
DMU3	17%	33%	28%	29%	31%	28%	42º
DMU40	14%	24%	23%	22%	29%	22%	43º
DMU23	8%	20%	14%	17%	25%	17%	44º

APÊNDICE 7. Eficiência Relativa das DMUs no Período de 2011 à 2015 (DEA-BCC)

DMU	Eficiência 2011	Eficiência 2012	Eficiência 2013	Eficiência 2014	Eficiência 2015	Média	Ranking
DMU4	100%	100%	100%	100%	100%	100%	1º
DMU5	100%	100%	100%	100%	100%	100%	2º
DMU10	97%	77%	100%	100%	100%	95%	3º
DMU22	100%	100%	100%	100%	67%	93%	4º
DMU41	73%	100%	100%	78%	93%	89%	5º
DMU21	65%	100%	90%	84%	100%	88%	6º
DMU20	62%	100%	68%	77%	100%	81%	7º
DMU31	35%	98%	72%	100%	94%	80%	8º
DMU27	36%	100%	80%	81%	100%	79%	9º
DMU19	40%	74%	73%	80%	100%	73%	10º
DMU34	87%	73%	87%	61%	54%	73%	11º
DMU11	100%	55%	72%	59%	54%	68%	12º
DMU2	62%	72%	78%	65%	62%	68%	13º
DMU14	60%	56%	79%	77%	61%	66%	14º
DMU53	37%	90%	64%	60%	76%	65%	15º
DMU24	72%	53%	67%	63%	64%	64%	16º
DMU47	61%	56%	71%	61%	63%	62%	17º
DMU50	59%	46%	64%	67%	57%	58%	18º
DMU1	48%	49%	63%	60%	71%	58%	19º
DMU45	38%	64%	71%	48%	64%	57%	20º
DMU23	30%	64%	52%	61%	77%	57%	21º
DMU15	60%	44%	48%	57%	57%	53%	22º
DMU18	52%	46%	46%	52%	68%	53%	23º
DMU43	52%	48%	56%	53%	53%	52%	24º
DMU7	35%	61%	48%	49%	61%	51%	25º
DMU13	23%	59%	48%	47%	60%	48%	26º
DMU6	38%	52%	45%	44%	56%	47%	27º
DMU38	26%	51%	42%	44%	58%	44%	28º
DMU8	46%	47%	43%	42%	42%	44%	29º
DMU42	33%	54%	39%	36%	58%	44%	30º
DMU9	35%	41%	43%	48%	51%	44%	31º
DMU48	41%	49%	46%	42%	40%	44%	32º
DMU12	24%	58%	43%	39%	48%	42%	33º
DMU37	36%	51%	39%	37%	47%	42%	34º
DMU32	30%	41%	37%	40%	55%	40%	35º
DMU29	21%	48%	39%	37%	52%	40%	36º
DMU44	27%	45%	38%	34%	51%	39%	37º
DMU3	23%	50%	39%	40%	44%	39%	38º
DMU25	29%	41%	37%	40%	46%	39%	39º
DMU28	25%	37%	36%	33%	44%	35%	40º
DMU30	17%	40%	32%	31%	44%	33%	41º
DMU26	21%	28%	27%	31%	55%	32%	42º
DMU46	23%	31%	31%	30%	39%	31%	43º
DMU40	17%	28%	25%	23%	32%	25%	44º

APÊNDICE 8. Ranking de Classificação das Agências Bancárias (DEA-CCR)

DMU	AGÊNCIA	Consumo (kWh)	Despesa (R\$)	Metragem da Agência (m²)	Quantidade de Funcionários	Capacidade (BTU)	Ranking
DMU22	ESTILO TRIBUNAIS	4.127	1.913,86	550	65	348.000	1º
DMU5	ASA NORTE 504	30.172	11.090,29	4.770	112	2.043.009	2º
DMU21	ESTILO P.REPUBLICA	3.617	1.619,20	382	59	216.000	3º
DMU4	ASA NORTE 201	13.704	5.675,50	2.260	142	744.000	4º
DMU20	ESTILO ASA NORTE	5.551	2.485,93	540	64	432.000	5º
DMU10	ASA SUL 507	18.948	7.367,42	1.807	78	1.536.000	6º
DMU34	NUCLEO BANDEIRANTE	17.215	7.106,47	1.386	41	1.065.000	7º
DMU41	SAO SEBASTIAO-DF	7.422	3.198,08	400	18	612.000	8º
DMU27	GOVERNO FEDERAL	4.257	1.825,56	541	33	246.000	9º
DMU24	GAMA CENTRO	16.031	6.704,77	940	46	906.000	10º
DMU19	EMPRES.DISTR.FEDERAL	6.161	2.920,51	702	40	402.000	11º
DMU2	AGUAS CLARAS	9.354	4.199,94	310	26	596.000	12º
DMU37	POSTALIS	10.599	4.447,06	734	30	18.000	13º
DMU1	5JUNHO-TAGUATINGA	17.796	6.703,77	1.650	20	681.000	14º
DMU47	SIA TRECHO 2	19.354	7.734,92	1.450	47	1.015.000	15º
DMU18	CRUZEIRO-DF	14.881	5.690,45	300	41	678.000	16º
DMU7	ASA SUL 203	7.962	3.491,72	536	36	396.000	17º
DMU45	SETOR RADIO E TV SUL	7.677	3.696,90	628	28	420.000	18º
DMU11	ASA SUL 516	18.776	7.357,31	1.241	68	954.000	19º
DMU15	CEILANDIA NORTE	18.966	7.375,83	1.124	36	814.000	20º
DMU50	SUDOESTE 105	20.601	8.309,24	1.542	55	996.000	21º
DMU14	CEILANDIA CENTRO	16.955	8.054,63	1.250	45	873.000	22º
DMU6	ASA NORTE 510	10.878	4.437,09	535	24	474.180	23º
DMU42	SERRANA-SOBRADINHO	10.982	4.537,30	764	19	408.000	24º
DMU8	ASA SUL 406	18.309	7.595,73	1.116	36	696.000	25º
DMU43	SETOR COMERCIAL SUL	21.772	8.280,24	1.280	45	960.000	26º
DMU9	ASA SUL 502	16.505	6.600,74	1.200	36	420.000	27º
DMU48	SIA TRECHO 3	14.865	6.226,40	831	41	588.000	28º
DMU25	GAMA LESTE	14.879	5.889,78	918	37	480.000	29º
DMU53	VILA MILITAR	5.079	2.188,33	260	19	210.000	30º
DMU44	SETOR GRAFICO	10.873	4.491,57	540	25	405.000	31º
DMU12	BRASILIA SHOPPING	7.994	3.404,03	500	31	214.000	32º
DMU32	LAGO SUL QI 11	12.581	5.033,84	437	24	464.000	33º
DMU38	RIACHO FUNDO	9.645	4.136,72	458	24	408.000	34º
DMU29	GUARA II	9.665	5.090,30	618	29	243.000	35º
DMU46	SHOPPING PLANALTINA	19.385	7.639,47	960	43	432.000	36º
DMU28	GUARA I	15.076	5.973,75	641	44	482.000	37º
DMU30	JARDIM BOTANICO-DF	10.831	4.504,38	567	26	276.000	38º
DMU3	ASA NORTE 116	8.499	3.727,56	368	24	252.000	39º
DMU13	BRAZLANDIA	7.024	3.115,10	274	25	225.000	40º
DMU26	GILBERTO SALOMAO	15.924	6.068,08	399	36	432.000	41º
DMU40	SAMAMBAIA	17.569	7.115,77	591	37	408.000	42º
DMU31	LAGO NORTE	4.334	1.864,12	82	26	39.000	43º
DMU23	FAB-6.COM A R	5.785	2.514,25	111	16	96.000	44º

APÊNDICE 9. Ranking de Classificação das Agências Bancárias (DEA-BCC)

DMU	AGÊNCIA	Consumo (kWh)	Despesa (R\$)	Metragem da Agência (m²)	Quantidade de Funcionários	Capacidade (BTU)	Ranking	Eficiência Média
DMU4	ASA NORTE 201	13.704	5.675,50	2.260	142	744.000	1º	100%
DMU5	ASA NORTE 504	30.172	11.090,29	4.770	112	2.043.009	2º	100%
DMU10	ASA SUL 507	18.948	7.367,42	1.807	78	1.536.000	3º	95%
DMU22	ESTILO TRIBUNA	4.127	1.913,86	550	65	348.000	4º	93%
DMU41	SAO SEBASTIAO	7.422	3.198,08	400	18	612.000	5º	89%
DMU21	ESTILO P.REPUB	3.617	1.619,20	382	59	216.000	6º	88%
DMU20	ESTILO ASA NOR	5.551	2.485,93	540	64	432.000	7º	81%
DMU31	LAGO NORTE	4.334	1.864,12	82	26	39.000	8º	80%
DMU27	GOVERNO FEDE	4.257	1.825,56	541	33	246.000	9º	79%
DMU19	EMPRES.DISTR.F	6.161	2.920,51	702	40	402.000	10º	73%
DMU34	NUCLEO BANDEI	17.215	7.106,47	1.386	41	1.065.000	11º	73%
DMU11	ASA SUL 516	18.776	7.357,31	1.241	68	954.000	12º	68%
DMU2	AGUAS CLARAS	9.354	4.199,94	310	26	596.000	13º	68%
DMU14	CEILANDIA CENT	16.955	8.054,63	1.250	45	873.000	14º	66%
DMU53	VILA MILITAR	5.079	2.188,33	260	19	210.000	15º	65%
DMU24	GAMA CENTRO	16.031	6.704,77	940	46	906.000	16º	64%
DMU47	SIA TRECHO 2	19.354	7.734,92	1.450	47	1.015.000	17º	62%
DMU50	SUDOESTE 105	20.601	8.309,24	1.542	55	996.000	18º	58%
DMU1	5JUNHO-TAGUA	17.796	6.703,77	1.650	20	681.000	19º	58%
DMU45	SETOR RADIO E	7.677	3.696,90	628	28	420.000	20º	57%
DMU23	FAB-6.COM A R	5.785	2.514,25	111	16	96.000	21º	57%
DMU15	CEILANDIA NOR	18.966	7.375,83	1.124	36	814.000	22º	53%
DMU18	CRUZEIRO-DF	14.881	5.690,45	300	41	678.000	23º	53%
DMU43	SETOR COMERC	21.772	8.280,24	1.280	45	960.000	24º	52%
DMU7	ASA SUL 203	7.962	3.491,72	536	36	396.000	25º	51%
DMU13	BRAZLANDIA	7.024	3.115,10	274	25	225.000	26º	48%
DMU6	ASA NORTE 510	10.878	4.437,09	535	24	474.180	27º	47%
DMU38	RIACHO FUNDO	9.645	4.136,72	458	24	408.000	28º	44%
DMU8	ASA SUL 406	18.309	7.595,73	1.116	36	696.000	29º	44%
DMU42	SERRANA-SOBRA	10.982	4.537,30	764	19	408.000	30º	44%
DMU9	ASA SUL 502	16.505	6.600,74	1.200	36	420.000	31º	44%
DMU48	SIA TRECHO 3	14.865	6.226,40	831	41	588.000	32º	44%
DMU12	BRASILIA SHOPP	7.994	3.404,03	500	31	214.000	33º	42%
DMU37	POSTALIS	10.599	4.447,06	734	30	18.000	34º	42%
DMU32	LAGO SUL QI 11	12.581	5.033,84	437	24	464.000	35º	40%
DMU29	GUARA II	9.665	5.090,30	618	29	243.000	36º	40%
DMU44	SETOR GRAFICO	10.873	4.491,57	540	25	405.000	37º	39%
DMU3	ASA NORTE 116	8.499	3.727,56	368	24	252.000	38º	39%
DMU25	GAMA LESTE	14.879	5.889,78	918	37	480.000	39º	39%
DMU28	GUARA I	15.076	5.973,75	641	44	482.000	40º	35%
DMU30	JARDIM BOTANI	10.831	4.504,38	567	26	276.000	41º	33%
DMU26	GILBERTO SALO	15.924	6.068,08	399	36	432.000	42º	32%
DMU46	SHOPPING PLAN	19.385	7.639,47	960	43	432.000	43º	31%
DMU40	SAMAMBAIA	17.569	7.115,77	591	37	408.000	44º	25%

APÊNDICE 10. Metas de Melhoria para cada DMU (média dos cinco anos)

	INPUT1				INPUT2			
	ATUAL	RADIAL	FOLGA	ALVO	ATUAL	RADIAL	FOLGA	ALVO
DMU1	17795,6	10356,92	362,2843	9994,631	6703,6	3930,732	48,40389	3882,328
DMU2	9354,4	6061,347	6,258584	6055,089	4200	2715,498	169,3829	2546,115
DMU3	8499,4	3147,547	91,32298	3056,224	3727,6	1430,47	70,23575	1360,235
DMU4	13703,6	13703,6	0	13703,6	5675,8	5675,8	0	5675,8
DMU5	30171,6	30171,6	0	30171,6	11090,2	11090,2	0	11090,2
DMU6	10877,8	4968,968	87,9832	4880,985	4437	2079,709	43,4614	2036,248
DMU7	7961,8	4029,489	0	4029,489	3491,6	1809,445	73,83815	1735,607
DMU8	18308,8	7626,598	83,45796	7543,14	7595,6	3188,002	97,1533	3090,849
DMU9	16505,2	7168,521	118,3666	7050,155	6600,8	2908,206	11,67512	2896,531
DMU10	18947,8	16522,69	329,6449	16193,05	7367,4	6541,057	35,3166	6505,74
DMU11	18775,8	12152,22	401,7878	11750,43	7357	4693,252	40,20727	4653,045
DMU12	7993,6	3288,869	63,80595	3225,063	3404,2	1435,391	44,97489	1390,416
DMU13	7023,8	3046,909	105,8264	2941,083	3115,2	1393	58,03935	1334,96
DMU14	16954,6	10697,72	1416,414	9281,311	8054,6	4906,452	1128,378	3778,073
DMU15	18966,2	9444,455	906,274	8538,181	7375,8	3711,847	225,6915	3486,156
DMU18	14881,6	7386,359	346,4671	7039,892	5690,2	2899,627	16,0139	2883,613
DMU19	6161,2	4464,819	0	4464,819	2920,6	2047,034	225,295	1821,739
DMU20	5551,4	4355,224	0	4355,224	2486	2019,474	106,5346	1912,939
DMU21	3617,6	3296,853	10,29465	3286,558	1619,2	1490,049	36,75474	1453,295
DMU22	4126,8	3641,964	0	3641,964	1914	1601,317	30,86192	1570,455
DMU23	5784,8	2750,177	86,79851	2663,379	2514,2	1288,751	28,44594	1260,305
DMU24	16031	9426,386	33,05207	9393,334	6704,8	3977,577	129,7301	3847,846
DMU25	14879	5783,818	34,79789	5749,02	5890	2333,849	51,24517	2282,604
DMU26	15923,8	4993,634	461,4518	4532,182	6068,2	1909,745	59,42132	1850,324
DMU27	4257	3291,944	5,233962	3286,71	1825,4	1449,23	38,215	1411,015
DMU28	15076,2	5115,657	134,279	4981,378	5973,6	2088,255	17,409	2070,846
DMU29	9665,4	3749,395	41,90767	3707,487	5090,2	1859,613	285,9192	1573,693
DMU30	10831	3502,598	41,90111	3460,697	4504,4	1511,885	38,46748	1473,418
DMU31	4334,2	2909,973	149,6682	2760,305	1864	1341,479	41,71617	1299,763
DMU32	12581,2	4887,477	145,5077	4741,969	5034	2035,966	39,71568	1996,25
DMU34	17215	11458,4	260,2649	11198,14	7106,6	4644,574	99,04775	4545,526
DMU37	10599,4	4391,628	24,94739	4366,681	4447	1876,08	38,31644	1837,764
DMU38	9644,8	4169,832	46,66207	4123,17	4136,8	1846,917	55,78962	1791,127
DMU40	17568,6	4312,193	99,77808	4212,415	7115,8	1800,027	21,12466	1778,903
DMU41	7421,8	6253,564	0,697657	6252,866	3198,2	2725,386	121,2445	2604,141
DMU42	10982	4737,825	4,618644	4733,206	4537,2	2024,196	50,35276	1973,843
DMU43	21772	10720,17	623,0187	10097,15	8280,2	4130,276	28,2276	4102,048
DMU44	10873,4	4202,925	69,49472	4133,43	4491,6	1799,288	33,84507	1765,443
DMU45	7677	4263,466	0	4263,466	3697	2067,048	201,1818	1865,867
DMU46	19385	5887,93	110,823	5777,107	7639,4	2380,295	0	2380,295
DMU47	19354,6	11350,7	508,8619	10841,83	7735	4589,179	166,9727	4422,206
DMU48	14865	6185,345	71,65385	6113,691	6226,4	2588,921	68,93416	2519,986
DMU50	20601	11280,33	364,5848	10915,75	8309,2	4584,713	174,507	4410,206
DMU53	5079,2	3023,408	130,2098	2893,198	2188,4	1352,27	27,23184	1325,038

APÊNDICE 11. Pesos Atribuídos pelo Modelo às Variáveis (Ano 2015)

DMU	Peso Input_1	Peso Input_2	Peso Output_1	Peso Output_2	Peso Output_3
DMU1	0	0,00014916	0,00032676	0	0
DMU2	0,00010691	0	0	0	0,00000133
DMU3	0	0,00026824	0	0	0,0000006
DMU4	0,00007297	0	0,00032777	0,00026493	0,0000003
DMU5	0	0,00009017	0	0,0031751	0,00000045
DMU6	0	0,00022538	0	0	0,00000103
DMU7	0	0,00028637	0	0	0,00000131
DMU8	0,00005462	0	0,00011026	0	0,00000056
DMU9	0,00000975	0,00012711	0,0003382	0	0
DMU10	0,00004177	0,0000283	0	0	0,00000065
DMU11	0	0,00013592	0,00007819	0	0,00000054
DMU12	0	0,00029377	0,00038246	0	0
DMU13	0	0,00032103	0	0	0,00000072
DMU14	0,00005898	0	0,00011907	0	0,00000061
DMU15	0	0,00013557	0,00007799	0	0,00000054
DMU18	0	0,00017575	0	0	0,00000081
DMU19	0,00016231	0	0,0007828	0	0,00000055
DMU20	0,00018015	0	0	0	0,00000225
DMU21	0	0,00061767	0,00133842	0,00275038	-0,00000045
DMU22	0,00024231	0	0	0	0,00000287
DMU23	0	0,00039777	0	0	0
DMU24	0,00006238	0	0	0	0,00000078
DMU25	0	0,00016978	0,00032174	0	0,00000012
DMU26	0	0,0001648	0	0	0,00000076
DMU27	0,00006401	0,00039842	0,00119856	0	0,00000016
DMU28	0	0,00016739	0	0	0,00000077
DMU29	0,00010347	0	0,00057947	0	0
DMU30	0	0,00022202	0,00042075	0	0,00000015
DMU31	0	0,00053648	0	0	0
DMU32	0	0,00019865	0	0	0,00000091
DMU34	0,00005809	0	0,00011727	0	0,0000006
DMU37	0,00001458	0,00019011	0,00050582	0	0
DMU38	0	0,00024172	0	0	0,00000111
DMU40	0	0,00014053	0	0	0,00000065
DMU41	0,00013473	0	0	0	0,00000168
DMU42	0	0,00022041	0,00041769	0	0,00000015
DMU43	0	0,00012077	0,00006947	0	0,00000048
DMU44	0	0,00022262	0	0	0,00000102
DMU45	0,00013026	0	0,00026297	0	0,00000135
DMU46	0	0,00013091	0,00024807	0	0,00000009
DMU47	0,00005167	0	0,00010431	0	0,00000053
DMU48	0	0,00016062	0,00009239	0	0,00000064
DMU50	0,00004854	0	0,000098	0	0,0000005
DMU53	0	0,00045704	0	0	0

APÊNDICE 12. Referência de Melhoria para cada DMU (Ano 2011)

	Benchmarking			
	DMU4	DMU5	DMU11	DMU22
DMU1	0	0,260664	0	0,739336
DMU2	0	0,146312	0	0,853688
DMU3	0	0	0	1
DMU4	1	0	0	0
DMU5	0	1	0	0
DMU6	0	0,074442	0	0,925558
DMU7	0	0,028318	0	0,971682
DMU8	0	0,205309	0	0,794691
DMU9	0	0,154028	0	0,845972
DMU10	0	0,700881	0	0,299119
DMU11	0	0	1	0
DMU12	0	0	0	1
DMU13	0	0	0	1
DMU14	0	0,309733	0	0,690267
DMU15	0	0,274925	0	0,725075
DMU18	0	0,194689	0	0,805311
DMU19	0	0,036019	0	0,963981
DMU20	0	0,049557	0	0,950443
DMU21	0	0	0	1
DMU22	0	0	0	1
DMU23	0	0	0	1
DMU24	0	0,329202	0	0,670798
DMU25	0	0,087204	0	0,912796
DMU26	0	0,049557	0	0,950443
DMU27	0	0	0	1
DMU28	0	0,079056	0	0,920944
DMU29	0	0,016114	0	0,983886
DMU30	0	0,004028	0	0,995972
DMU31	0	0	0	1
DMU32	0	0,068436	0	0,931564
DMU34	0	0,423007	0	0,576993
DMU37	0	0,043602	0	0,956398
DMU38	0	0,035398	0	0,964602
DMU40	0	0,035398	0	0,964602
DMU41	0	0,155751	0	0,844249
DMU42	0	0,050711	0	0,949289
DMU43	0	0,36106	0	0,63894
DMU44	0	0,033628	0	0,966372
DMU45	0	0,042478	0	0,957522
DMU46	0	0,097156	0	0,902844
DMU47	0	0,393508	0	0,606492
DMU48	0	0,141592	0	0,858408
DMU50	0	0,382299	0	0,617701
DMU53	0	0	0	1

APÊNDICE 13. Referência de Melhoria para cada DMU (Ano 2012)

	Benchmarking					
	DMU4	DMU5	DMU20	DMU21	DMU22	DMU41
DMU1	0	0,345912	0	0	0	0
DMU2	0	0,163174	0	0	0	0,429142
DMU3	0	0,06993	0,252623	0	0	0
DMU4	1	0	0	0	0	0
DMU5	0	1	0	0	0	0
DMU6	0	0,193667	0	0	0	0,128296
DMU7	0	0,11888	0,35446	0	0	0
DMU8	0	0,299152	0	0	0	0,138612
DMU9	0	0,243851	0	0,096419	0	0
DMU10	0	0,693036	0,123225	0	0,192209	0
DMU11	0	0,429888	0,07749	0	0,121433	0
DMU12	0,073995	0,047734	0	0,196896	0,054303	0
DMU13	0	0,043706	0,31414	0	0	0
DMU14	0	0,275922	0	0	0	0,505374
DMU15	0	0,232296	0	0	0	0,554604
DMU18	0	0,317014	0,070225	0	0	0
DMU19	0	0,102563	0,445514	0	0	0
DMU20	0	0	1	0	0	0
DMU21	0	0	0	1	0	0
DMU22	0	0	0	0	1	0
DMU23	0	0	0,160829	0,040372	0,051155	0
DMU24	0	0,372806	0	0	0	0,235871
DMU25	0	0,191731	0,117752	0	0,107539	0
DMU26	0	0,146967	0,243742	0	0,076004	0
DMU27	0	0,080927	0	0,405697	0	0
DMU28	0	0,160987	0,21734	0	0,17015	0
DMU29	0,112181	0,069186	0	0,090194	0	0
DMU30	0	0,094362	0,135172	0,114923	0	0
DMU31	0	0	0	0,440678	0	0
DMU32	0	0,199434	0	0	0	0,092408
DMU34	0	0,396976	0	0	0	0,41499
DMU37	0	0,144649	0	0,115242	0	0
DMU38	0	0,196386	0,0157	0	0	0
DMU40	0	0,12296	0,362946	0	0	0
DMU41	0	0	0	0	0	1
DMU42	0	0,144797	0	0	0	0,183299
DMU43	0	0,469895	0	0	0	0
DMU44	0	0,183565	0,069386	0	0	0
DMU45	0	0,179486	0,1234	0	0	0
DMU46	0,048	0,142675	0	0	0,310837	0
DMU47	0	0,496816	0	0	0	0
DMU48	0	0,268063	0,093389	0	0	0
DMU50	0	0,419984	0	0	0	0,225441
DMU53	0	0,063519	0,185716	0	0	0

APÊNDICE 14. Referência de Melhoria para cada DMU (Ano 2013)

	Benchmarking				
	DMU4	DMU5	DMU10	DMU22	DMU31
DMU1	0,144623	0,20206	0	0,653317	0
DMU2	0	0	0,208754	0,791246	0
DMU3	0	0	0	0,68932	0,31068
DMU4	1	0	0	0	0
DMU5	0	1	0	0	0
DMU6	0	0	0,106212	0,893788	0
DMU7	0	0	0,040404	0,959596	0
DMU8	0	0,08151	0,176633	0,741857	0
DMU9	0,380117	0	0	0,619883	0
DMU10	0	0	1	0	0
DMU11	0	0,020524	0,480817	0,498658	0
DMU12	0	0	0	0,893162	0,106838
DMU13	0	0	0	0,601942	0,398058
DMU14	0	0,059553	0,356951	0,583496	0
DMU15	0	0,033354	0,344668	0,621979	0
DMU18	0	0	0,277778	0,722222	0
DMU19	0,024249	0,026193	0	0,949558	0
DMU20	0	0	0,070707	0,929293	0
DMU21	0	0	0	0,842105	0,157895
DMU22	0	0	0	1	0
DMU23	0	0	0	0,184466	0,815534
DMU24	0	0	0,469697	0,530303	0
DMU25	0,054364	0,065175	0	0,880461	0
DMU26	0	0	0,070707	0,929293	0
DMU27	0	0	0	0,980769	0,019231
DMU28	0	0	0,112795	0,887205	0
DMU29	0,039766	0	0	0,960234	0
DMU30	0,009942	0	0	0,990058	0
DMU31	0	0	0	0	1
DMU32	0	0	0,097643	0,902357	0
DMU34	0	0,031879	0,558051	0,41007	0
DMU37	0,107602	0	0	0,892398	0
DMU38	0	0	0,050505	0,949495	0
DMU40	0	0	0,050505	0,949495	0
DMU41	0	0	0,222222	0,777778	0
DMU42	0,089243	0,014548	0	0,896209	0
DMU43	0	0,03398	0,466669	0,49935	0
DMU44	0	0	0,04798	0,95202	0
DMU45	0	0,000749	0,059537	0,939714	0
DMU46	0,233695	0,00246	0	0,763845	0
DMU47	0	0,080056	0,447225	0,472718	0
DMU48	0	0,011152	0,186109	0,802739	0
DMU50	0	0,126255	0,365317	0,508428	0
DMU53	0	0	0	0,553398	0,446602

APÊNDICE 15. Referência de Melhoria para cada DMU (Ano 2014)

	Benchmarking						
	DMU4	DMU5	DMU10	DMU19	DMU20	DMU21	DMU27
DMU1	0,552061	0	0,079537	0,368402	0	0	0
DMU2	0	0	0,160244	0,430301	0,409455	0	0
DMU3	0	0	0	0	0,032258	0	0,967742
DMU4	1	0	0	0	0	0	0
DMU5	0	1	0	0	0	0	0
DMU6	0	0	0,052817	0,53766	0,409523	0	0
DMU7	0	0	0	0,182969	0,652994	0	0,164037
DMU8	0,107985	0	0,299167	0,066009	0	0	0,526838
DMU9	0,383362	0	0	0	0	0	0,616638
DMU10	0	0	1	0	0	0	0
DMU11	0,000912	0	0,486498	0,512591	0	0	0
DMU12	0	0	0	0	0	0	1
DMU13	0	0	0	0	0	0	1
DMU14	0,072705	0	0,393417	0,533878	0	0	0
DMU15	0,016768	0	0,358259	0,624974	0	0	0
DMU18	0	0	0,243386	0,756614	0	0	0
DMU19	0	0	0	1	0	0	0
DMU20	0	0	0	0	1	0	0
DMU21	0	0	0	0	0	1	0
DMU22	0,04666	0	0	0	0,495191	0,444737	0,013412
DMU23	0	0	0	0	0	0	1
DMU24	0	0	0,438732	0,345348	0,21592	0	0
DMU25	0,115081	0	0,048624	0,730543	0	0	0,105751
DMU26	0	0	0,026455	0,973545	0	0	0
DMU27	0	0	0	0	0	0	1
DMU28	0	0	0,058528	0,487166	0,454306	0	0
DMU29	0,044793	0	0	0	0	0	0,955207
DMU30	0	0	0,020552	0	0,018753	0	0,960695
DMU31	0	0	0	0	0	0	1
DMU32	0	0	0,040165	0,4114	0,548435	0	0
DMU34	0,031118	0	0,57766	0,373861	0	0	0,017362
DMU37	0,112275	0	0	0	0	0	0,887725
DMU38	0	0	0	0,243021	0,667144	0	0,089835
DMU40	0	0	0	0,474629	0,472892	0	0,052479
DMU41	0	0	0,184372	0,784886	0,030743	0	0
DMU42	0,049955	0	0,067176	0,323495	0	0	0,559374
DMU43	0,027981	0	0,483625	0,488394	0	0	0
DMU44	0	0	0	0,229735	0,662158	0	0,108107
DMU45	0	0	0,052894	0,127317	0,461856	0	0,357932
DMU46	0,190923	0	0,046388	0,199227	0	0	0,563462
DMU47	0,125426	0	0,547704	0	0	0	0,32687
DMU48	0	0	0,174757	0,428728	0,26711	0	0,129405
DMU50	0,213261	0	0,459493	0,327246	0	0	0
DMU53	0	0	0	0	0	0	1

APÊNDICE 16. Referência de Melhoria para cada DMU (Ano 2015)

	Benchmarking						
	DMU4	DMU5	DMU10	DMU19	DMU20	DMU21	DMU27
DMU1	0,552061	0	0,079537	0,368402	0	0	0
DMU2	0	0	0,160244	0,430301	0,409455	0	0
DMU3	0	0	0	0	0,032258	0	0,967742
DMU4	1	0	0	0	0	0	0
DMU5	0	1	0	0	0	0	0
DMU6	0	0	0,052817	0,53766	0,409523	0	0
DMU7	0	0	0	0,182969	0,652994	0	0,164037
DMU8	0,107985	0	0,299167	0,066009	0	0	0,526838
DMU9	0,383362	0	0	0	0	0	0,616638
DMU10	0	0	1	0	0	0	0
DMU11	0,000912	0	0,486498	0,512591	0	0	0
DMU12	0	0	0	0	0	0	1
DMU13	0	0	0	0	0	0	1
DMU14	0,072705	0	0,393417	0,533878	0	0	0
DMU15	0,016768	0	0,358259	0,624974	0	0	0
DMU18	0	0	0,243386	0,756614	0	0	0
DMU19	0	0	0	1	0	0	0
DMU20	0	0	0	0	1	0	0
DMU21	0	0	0	0	0	1	0
DMU22	0,04666	0	0	0	0,495191	0,444737	0,013412
DMU23	0	0	0	0	0	0	1
DMU24	0	0	0,438732	0,345348	0,21592	0	0
DMU25	0,115081	0	0,048624	0,730543	0	0	0,105751
DMU26	0	0	0,026455	0,973545	0	0	0
DMU27	0	0	0	0	0	0	1
DMU28	0	0	0,058528	0,487166	0,454306	0	0
DMU29	0,044793	0	0	0	0	0	0,955207
DMU30	0	0	0,020552	0	0,018753	0	0,960695
DMU31	0	0	0	0	0	0	1
DMU32	0	0	0,040165	0,4114	0,548435	0	0
DMU34	0,031118	0	0,57766	0,373861	0	0	0,017362
DMU37	0,112275	0	0	0	0	0	0,887725
DMU38	0	0	0	0,243021	0,667144	0	0,089835
DMU40	0	0	0	0,474629	0,472892	0	0,052479
DMU41	0	0	0,184372	0,784886	0,030743	0	0
DMU42	0,049955	0	0,067176	0,323495	0	0	0,559374
DMU43	0,027981	0	0,483625	0,488394	0	0	0
DMU44	0	0	0	0,229735	0,662158	0	0,108107
DMU45	0	0	0,052894	0,127317	0,461856	0	0,357932
DMU46	0,190923	0	0,046388	0,199227	0	0	0,563462
DMU47	0,125426	0	0,547704	0	0	0	0,32687
DMU48	0	0	0,174757	0,428728	0,26711	0	0,129405
DMU50	0,213261	0	0,459493	0,327246	0	0	0
DMU53	0	0	0	0	0	0	1

